차 례

제4장. 생물의 유전과 변이 133

제5장. 진화 182

탐구, 실험, 관찰, 실습

참고

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《…수학, 물리학, 생물학을 비롯한 기초과학에 대한 연구를 강화하여 그것이 인민경제와 과학기술발전에 적극 이바지하도록 하여야 합니다.》

현시대는 과학과 기술의 시대이다.

21세기에 들어선 오늘 우리 나라를 사회주의강성대국으로 건설하기 위하여서는 생물학을 비롯한 기초과학을 빨리 발전시켜야 한다. 지금 급속히 발전하고있는 최첨단과학기술들인 정보기술과 새 재료기술, 새 에네르기기술과 생물공학, 우주공간기술과 해양기술 특히 핵심기초기술인 정보기술, 나노기술, 생물공학은 다 기초과학의 성과에 토대하고있다.

그러면 생물학이란 무엇인가.

생물학은 생명현상과 그 변화발전의 합법칙성을 연구하는 기초과학의 한 분야이다. 다시말하여 모든 생물들에서 나타나는 생명현상의 비밀, 생명의 본질적특성을 여러가지 측면에서 폭넓고 깊이있게 밝힘으로써 알곡과 고기, 물고기, 알을 비롯한 농산물과 축산물, 수산물의 생산을 훨씬 늘이고 인민들의 건강을 증진시키며 환경을 보호하고 생물자원을 늘이는데 이바지하는 학문이다.

인민경제 모든 부문이 비상히 빠른 속도로 발전하고 인민생활수준이 나날이 높아지고있는 오늘 생물학앞에는 영예롭고도 무거운 과업이 나서고있다.

생물학은 농업, 축산업, 수산업, 미생물응용공업 등 인민경제 여러 분야에서 생물생산성을 높이고 생물자원을 보호증식시키며 인민들의 건강을 증진시키는데서 나서는 과학기술적문제들을 풀어야 한다. 특히 먹는 문제를 더욱 원만히 푸는데서 나서는 생물학적연구를 강화하여야 한다.

그러면 5학년 《생물》과목에서는 무엇을 배우는가.

여기에서는 생명의 본질적특성과 그의 응용에 대한 기초지식을 학습하게 된다. 즉 생명의 화학적기초, 세포, 생물의 생식과 개체발생, 생물의 유전과 변이, 진화를 학습한다. 이 지식들은 최첨단과학기술지식을 습득하며 농업, 축산업, 수산업, 인민보건 등 실천분야에서 나서는 문제들을 푸는데서 기초적이며 필수적인것으로 된다.

이 과목학습에서는 다음과 같은 점에 주의를 돌려야 한다.

첫째로, 의문을 가지고 교과서를 열심히 읽어 생물학의 기초개념과 리론, 법칙들을 깊이 파악하여야 한다.

의문은 생명현상의 본질을 깊이 파악하고 새것을 창조하는데서 큰 역할을 한다.

그러므로 교과서에 있는 사실, 개념, 법칙, 리론들을 단순히 읽고 기억하는데만 그치지 말고 왜?, 무엇때문에? 라는 의문을 가지고 학습하여야 한다.

둘째로, 깊이 생각하여 매 장, 절제목들에서 취급되는 생명현상의 본질과 물림새, 지식들사이의 련관, 기초지식과 응용의 관계를 찾아내는데 습관되여야 한다.

셋째로, 새로운 연구성과와 발전추세를 제때에 알아내야 한다.

생물학연구분야에서는 새로운 성과자료들이 비약적으로 빨리 축적되고있다. 그러므로 이 교과서의 내용자체를 리해하는데 그치지 말고 잡지와 참고서, CD자료 등을 통하여 새로운 정보들을 알아내야 한다.

넷째로, 높은 실천능력을 갖추기 위하여 노력하여야 한다.

우리 나라의 생물학을 빨리 발전시키자면 풍부한 생물학지식과 함께 높은 실천능력, 창조적능력을 소유한 인재들이 많아야 한다.

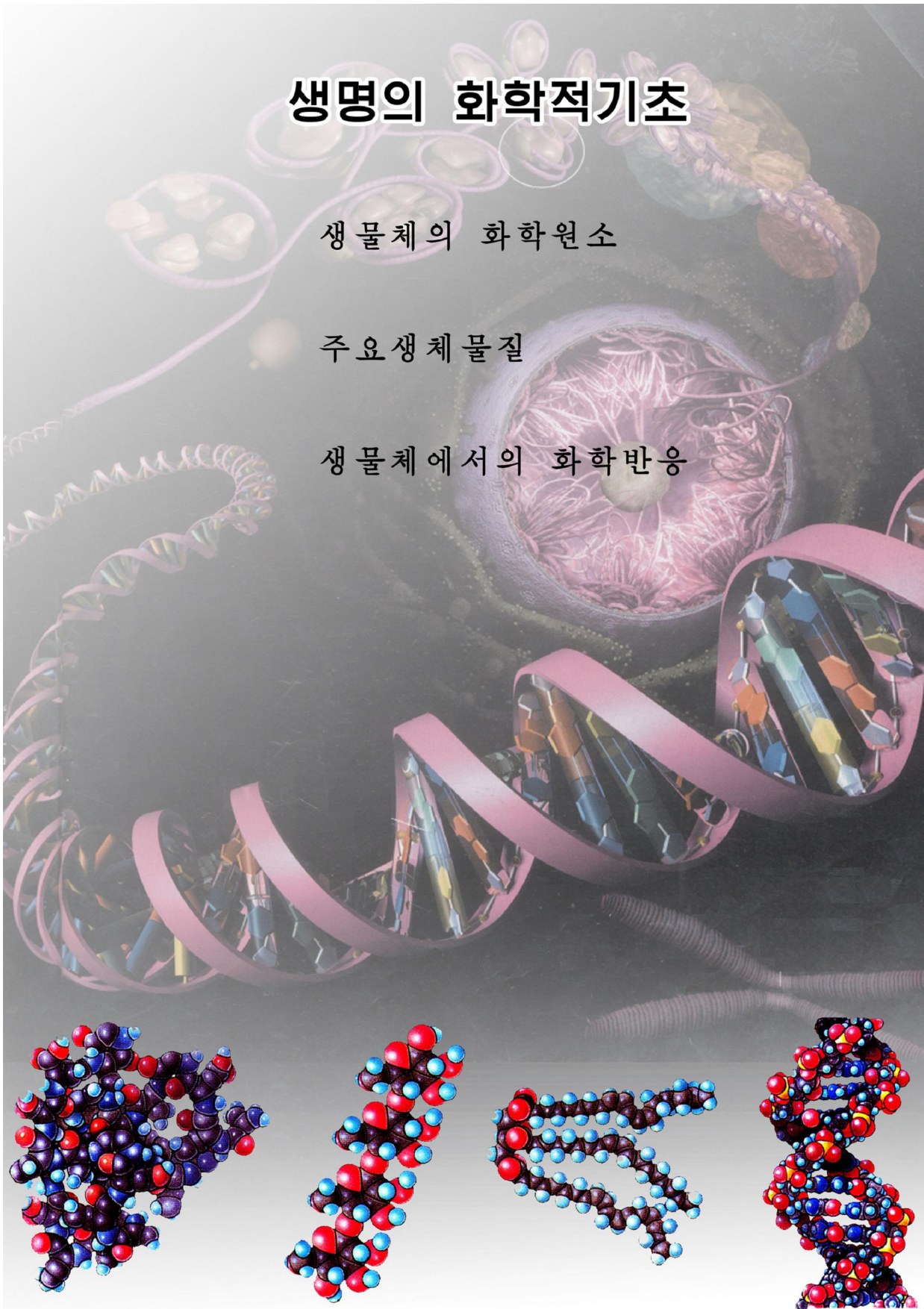
실험실습과 관찰, 해보기, 생각하기, 자료분석 및 탐구 등을 통하여 생물학의 기초개념과 리론, 법칙을 실험으로 증명할수 있는 능력과 함께 새로운 문제점을 찾아내고 그것을 풀기 위한 실험설계와 실험을 할수 있는 탐구능력도 키워나가야 한다.

그리하여 우리 나라를 사회주의강성대국으로 만드시려는 위대한 장군님의 원대한 구상을 실현하는 보람찬 투쟁의 맨 앞장에서 조국과 민족의 영예를 떨칠 능력있는 혁명인재로 튼튼히 준비해나가야 한다.

생명의 화학적기초

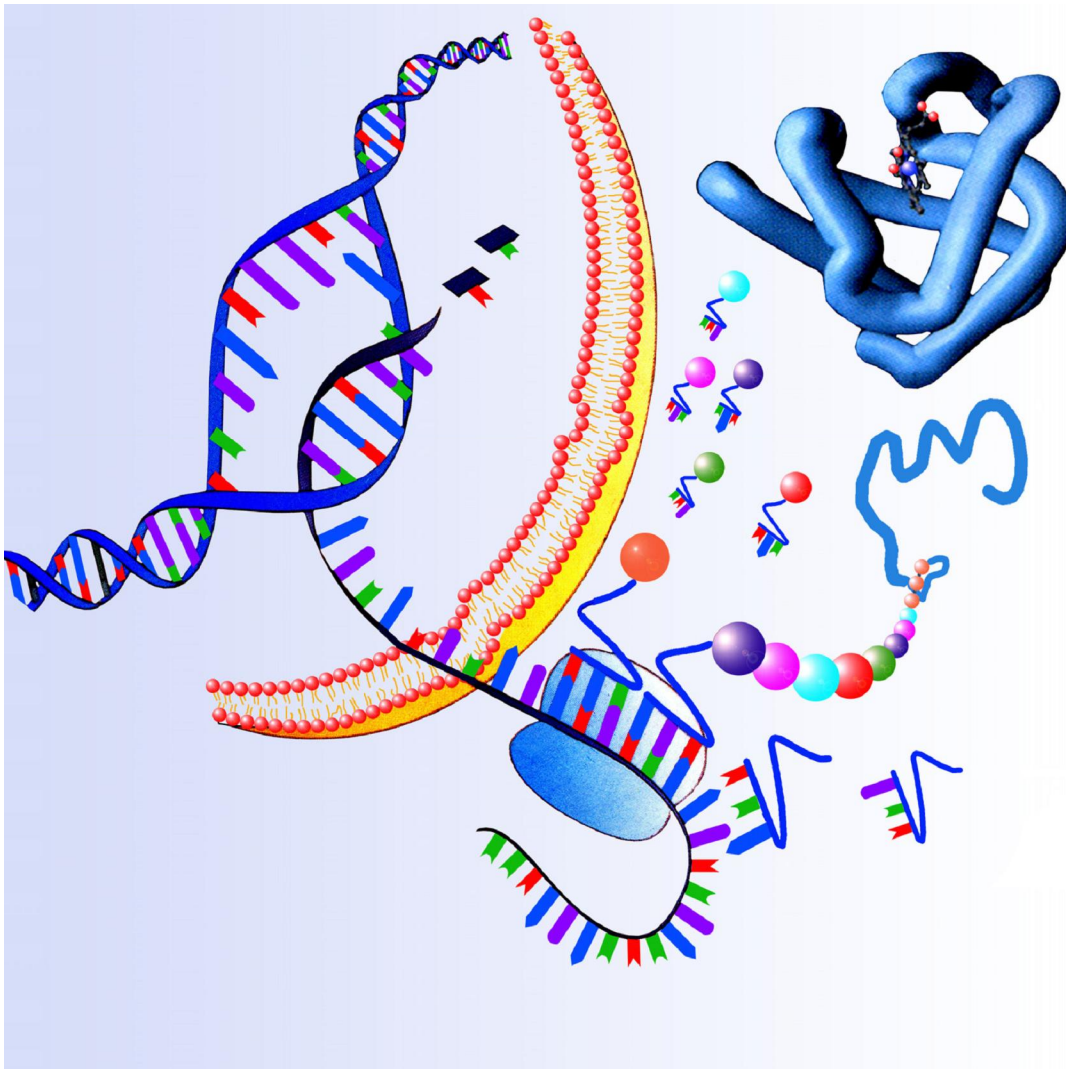
생물체의 화학원소

주요생체물질

생물체에서의 화학반응

제1장. 생명의 화학적기초

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《아무리 발전된 생명물질이라도 그 구성요소를 따지면 탄소, 수소, 산소, 질소를 비롯한 무기물질에도 있는 원소들로 이루어져있습니다.》

생명물질은 자연계의 무기물질에도 있는 일반적인 화학원소들로 이루어져있다.

C, H, O, N 등의 원소들로 된 주요생체물질은 생물체에만 있으며 다 일정한 생물학적역할을 수행한다.

생명현상은 바로 생체물질들의 복잡한 화학적변화에 기초하고있다.

그러므로 생명의 본질을 깊이 리해하고 과학적으로 조절지배하자면 생명의 화학적기초에 대한지식을 튼튼히 쌓아야 한다.

제1절. 생물체의 화학원소

· 생물체의 주요화학원소의 종류와 그 역할은 무엇인가?
· 생체물질에서 탄소의 특성은 무엇인가?

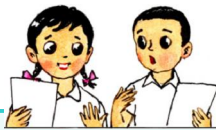
1. 생물체의 화학원소종류와 그 역할

생물은 종류가 다양하고 구조가 복잡하지만 지구우에 흔히 있는 화학원소들로 되여있다.

멘델레예브원소주기표의 110여가지 원소가운데서 약 80가지 원소는 바다물에 포함되여있다. 생물체에서도 바다물에 포함되여있는 화학원소들이 다 나타나고있다.

그러나 생물체의 물질조성에 들어가는 화학원소의 구체적인 종류와 비률은 무생물과 명백히 구별된다.

땅걸면에는 O, Si, Al, Fe의 4가지 원소가 제일 많이 있지만 생물체에는 C, H, O, N, S, P가 많이 들어있다.

이 원소들은 생물체의 생명활동에서 중요한 역할을 수행하는 단백질, 당질, 기름질, 핵산조성에 들어간다. 따라서 이 6가지 화학원소를 **주요생체원소**라고 부른다.

자료분석

몇가지 대상의 주요화학원소 조성(%)비교

다음의 표를 보고 분석해보아라.

땅걸면		바다물		사람몸	
O	46.6	O	85.8	O	65.0
Si	27.7	H	10.7	C	18.5
Al	6.5	Cl	1.9	H	9.5
Fe	5.0	Na	1.1	N	3.3
Ca	3.6	Mg	0.1	Ca	1.5
Na	2.8	S	0.1	P	1.0
K	2.6	Ca	0.1	K	0.4
Mg	2.1	K	0.1	S	0.3
H	0.1	C	0.3×10^{-2}	Cl	0.2
Mn	0.1			Na	0.2

○ 땅걸면, 바다물, 사람몸의 화학원소조성에서 각각 함량이 많은 순서대로 더해보아라. 더한 합이 95%이상인 화학원소는 어느것인가?

○ 서로 비교하면 어떤 결론을 얻을수 있는가?

실제로 생물체의 물질조성에 들어가거나 생명활동에 필요한 화학원소는 20여종이다. 그 20여종가운데서 많이 필요한 화학원소를 **다량원소**, 적게 요구되는 화학원소를 **미량원소**라고 부른다.

다량원소와 미량원소의 종류는 다음과 같다.

동물에서는 다량원소이지만 식물에서는 미량원소로 되는것은 어느것인가?

다량원소와 미량원소들은 대체로 원자량이 60아래인 가벼운것들이다.

○ 멘델레예브원소주기표에서 다량원소와 미량원소를 갈라보아라.

○ 다량원소와 미량원소들의 배치에서는 어떤 특성이 있으며 어떤 결론을 내릴수 있는가?

생물체의 모든 화학원소들은 생명활동에서 이온 또는 여러가지 화합물형태로 중요한 역할을 한다.

주요화학원소의 생물학적역할 표 1-1

화학원소	역　할
H, O	H_2O상태로 생물체에 60～95%이상 들어있고 용매, 화학반응매질, 물질이동, 몸온도조절에 참가
C, H, O, N, S, P	단백질, 당질, 기름질 등 생체물질조성분, 핵산, 린기름질조성분, 《축전지》와 같은 에네르기물질조성분, 뼈조성분
Ca, Mg	Ca는 뼈, Mg는 엽록소조성분, 생체화학반응조절, 정보전달
K^+, Na^+, Cl^-	세포안팎의 이온농도차조성, 흥분의 발생과 전도
Fe	헤모글로빈조성분, 생체화학반응에 참가
Cu, Zn, Mo	Cu는 생체화학반응, Zn는 인슐린조성, Mo는 질소고정에 참가
B	꽃가루발육, 수정
I	갑상선호르몬조성분

2. 생체물질에서 탄소의 특성

생물체에 들어있는 화합물은 그 종류가 다양하지만 물을 제외하면 거의 모두 유기화합물이다.

유기화합물은 탄소를 기본골격으로 하고 수소, 산소, 질소 등의 원소들을 포함한 화합물이다.

탄소는 최외전자층에 공유결합을 할수 있는 4개의 전자를 가지고있다. 즉 탄소원자는 최외전자층을 완성하는데 4개의 전자를 받거나 내주면 된다. 이러한 특성으로 하여 탄소원자는 다른 탄소원자사이에 센 공유결합(C-C의 평균결합에네르기는 246kJ/mol)을 하여 다양한 생체유기화합물의 기본골격을 형성한다.

즉 탄소는 어떤 때에는 단결합, 어떤 때에는 2중결합 또는 3중결합을 하면서 각이한 길이의 곧은 사슬 혹은 가지친 사슬을 만든다.

단결합　2중결합　3중결합　가지친 사슬　고리사슬

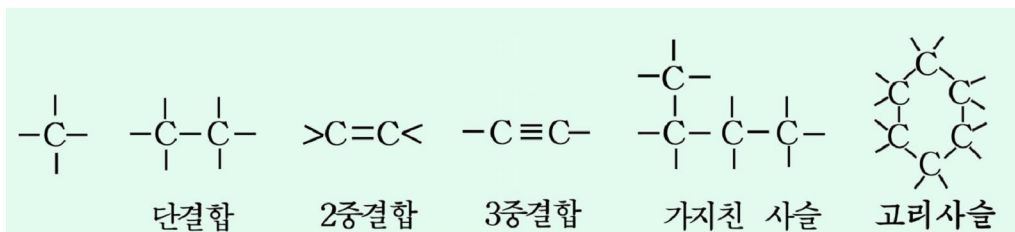



그림 1-1. 탄소골격

탄소화합물에서 탄소와 탄소사이에 단결합으로 된 탄소사슬을 가진것을 **포화화합물**, 2중결합 또는 3중결합으로 된 탄소사슬을 가진것을 **불포화화합물**이라고 부른다.

이러한 탄소화합물은 분자식이 꼭같아도 서로 다른 성질을 가지는 경우가 있다. 실례로 탄소원자가 3개인 $C_3H_6O_3$에는 두가지 물질이 있다. 즉 글리세르알데히드와 디히드록시아세톤은 구조가 다르기때문에 성질도 다르다.

이와 같이 분자조성은 같으나 구조와 성질이 다른 물질을 **이성체**, 이성체가 나타내는 현상을 **이성현상**이라고 부른다. 유기화합물은 이성현상을 나타내기때문에 그 종류가 매우 많다.

탄소는 고리사슬화합물을 만든다. 탄소고리화합물에는 벤졸과 같이 고리가 탄소원자로만 이루어진것도 있고 탄소와 그밖의 다른 원자(N, O 등)가 고리를 이루는데 참가한것도 있다.

탄소는 H, O, N, P, S와 서로 결합하여 기능원자단을 형성한다.

※ 유기화합물의 성질을 기본적으로 규정하는 원자단을 **기능원자단**이라고 부른다.

생체물질의 기능원자단에는 히드록실기, 알데히드기, 카르복실기, 아미노기, 린산기 등이 있다.

기능원자단	화학식	구조식	구조모형
히드록실기	-OH	-OH	-O-H
케톤기	>CO	>C=O	>C=O
알데히드기	-CHO	-C(=O)-H	-C(=O)-H
카르복실기	-COOH	-C(=O)-OH	-C(=O)-O-H
아미노기	$-NH_2$	-N(H)-H	-N(H)-H
술프히드릴기	-SH	-S-H	-S-H
린산기	$-H_2PO_4$	-O-P(=O)(OH)-OH	-O-P(=O)(O-H)-O-H
메틸기	$-CH_3$	-C(H)(H)-H	-C(H)(H)-H

그림 1-2. 생체유기물질의 주요기능원자단

생체물질의 기능원자단은 왜 다양한가?

이러한 기능원자단들은 생체물질들사이에 일정한 화학반응이 일어나도록 한다.

기능원자단들은 거의 모두 물불임성을 가지므로 많은 물분자가 들어있는 세포안에서 생체물질들이 안정하게 존재하도록 한다.

1. 동물에게 필요한 다량원소와 미량원소에는 어떤것들이 속하는가?
2. 주요화학원소는 생물체안에서 어떤 형태로 기능을 수행하는가?
3. 생물체에 들어있는 탄소화합물에는 어떤것들이 있는가?

탐구 식물의 자라기에 미치는 주요다량원소들의 영향 알아보기

목적

식물의 자라기에 미치는 주요다량원소들의 영향 알아보기실험을 통하여 식물의 자라기와 다량원소와의 관계를 정확히 인식하며 탐구능력을 키우는데 있다.

문제

벼, 강냉이, 콩을 비롯한 농작물에 질소, 린, 카리비료가운데서 어느 하나만을 주었더니 제대로 자라지 못하고 소출이 떨어졌다.

식물의 자라기에 세가지 비료가 다 필요하지 않는가?

가설

식물이 제대로 자라자면 질소, 린, 칼리움을 다 흡수하여야 한다.

실험계획

1) 재료식물로는 콩을 쓴다.

2) 모래를 깨끗이 씻은 다음 그것을 꼭같이 담은 화분을 여러개 준비한다. 그리고 비료를 주고 모래와 골고루 섞는다. 매개 비료는 모래 1kg정도에 0.2g쯤 주되 한 화분에는 3가지 비료를 다 주고 3개의 화분에는 각각 한가지 비료만을 준다. 그리고 다른 한 화분에는 두가지 비료만을 준다.

3) 콩씨앗 5알씩을 4cm 깊이로 심고 물을 같은 량으로 주어 물기를 축축하게 보장한다.

결과처리

매일 자라기정형(키, 잎수, 색변화 등)을 조사기록하고 20～30일후에 결과를 비교, 분석, 종합한다.

토론

○ 질소, 린, 카리비료가운데서 어느 하나만을 준 화분들에서는 각각 어떤 현상이 나타났는가, 왜 그런가?

○ 두가지, 세가지 비료를 준 화분들에서는 어떤 현상이 나타났는가, 왜 그런가?

○ 실험에서 왜 깨끗이 씻은 모래를 쓰는가, 비료를 줄 때 어떤 상태로 주어야 하는가, 화분들마다 다른 량으로 비료를 주어도 되는가, 왜 그런가?

○ 가설이 맞는가 틀리는가?

제2절. 주요생체물질

· 단백질, 당질, 기름질, 핵산의 구조와 기능은 무엇인가?

주요생체물질가운데서 량적으로 보나 기능적으로 보나 가장 중요한것은 단백질, 당질, 기름질, 핵산이다.

1. 단 백 질

단백질은 세포나 조직의 기본구성성분이다. 단백질은 세포막, 세포질, 힘살, 피부, 붉은피알 등을 이루는 주요성분이며 효소, 항체, 일부 호르몬도 단백질로 되여있다.

또한 생명활동에 필요한 에네르기원천물질로도 쓰인다. 그러므로 단백질을 떠난 생명현상은 생각할수 없다.

단백질은 아미노산으로 이루어진 고분자화합물이다.

단백질의 분자량은 보통 1만이상이다.

아미노산

아미노산은 하나의 탄소원자에 아미노기와 카르복실기가 결합한 유기화합물이다.

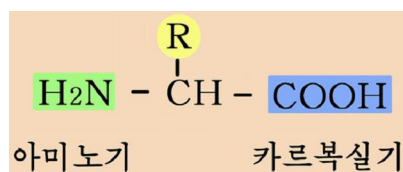
현재 알려진 아미노산은 약 300가지이다.

동물, 식물, 미생물의 단백질은 모두 동일한 20여가지 아미노산으로 이루어져있다.

식물은 단백질합성에 필요한 아미노산을 다 자체로 합성하는 능력이 있다. 그러나 사람이나 동물은 일부 아미노산을 합성하지 못한다.

R

H_2N – CH – COOH

아미노기 카르복실기

사람이나 동물의 몸안에서 만들어지지 못하고 반드시 밖으로부터 음식물이나 먹이를 통하여 섭취하여야 하는 아미노산을 **필수아미노산**이라고 부른다.

필수아미노산의 종류는 동물에 따라 약간씩 다르다.

사람의 필수아미노산에는 10가지 즉 발린, 로이신, 이소로이신, 트레오닌, 메티오닌, 페닐알라닌, 히스티딘, 리진, 트립토판, 아르기닌이 속한다.

닭은 단백질합성에 필요한 아미노산이 한가지라도 없으면 정상알을 만들지 못한다. 닭공장에서 배합사료를 만들 때 어떤 점을 주의해야 하겠는가?

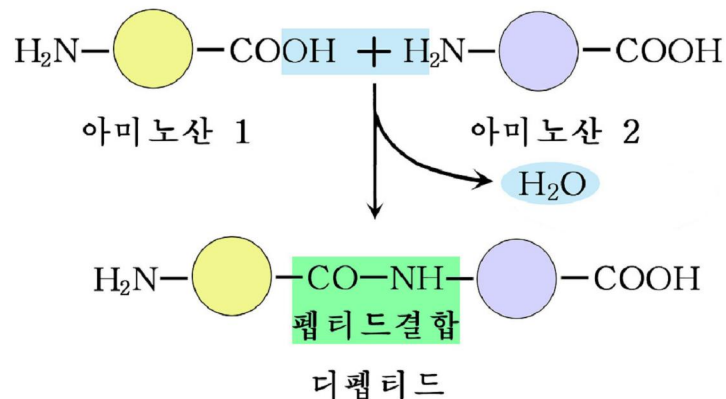
생물의 몸안에서 단백질이 만들어지자면 아미노산들이 서로 결합하여야 한다.

그러면 아미노산들이 어떤 화학결합에 의하여 서로 련결되는가.

아미노산들은 펩티드결합에 의하여 서로 련결된다.

펩티드결합은 한 아미노산의 카르복실기와 린접한 아미노산의 아미노기사이에 물 한 분자가 떨어지면서 이루어진다.

펩티드결합만 가진 화합물을 **펩티드**라고 부른다. 두개의 아미노산으로 된것을 **디펩티드**, 세개의 아미노산으로 된것을 **트리펩티드**, 수많은 아미노산으로 된것을 **폴리펩티드**라고 부른다. 습관적으로는 10개이상의 아미노산으로 이루어진 펩티드를 폴리펩티드라고 부른다.

단백질은 폴리펩티드사슬이 한개 또는 둘이상이 모여서 이루어졌다.

단백질의 구조

단백질이 여러가지 중요한 역할을 할수 있는것은 그것의 구조와 관련되여있다.

단백질의 구조는 1차, 2차, 3차, 4차구조로 나눌수 있다.

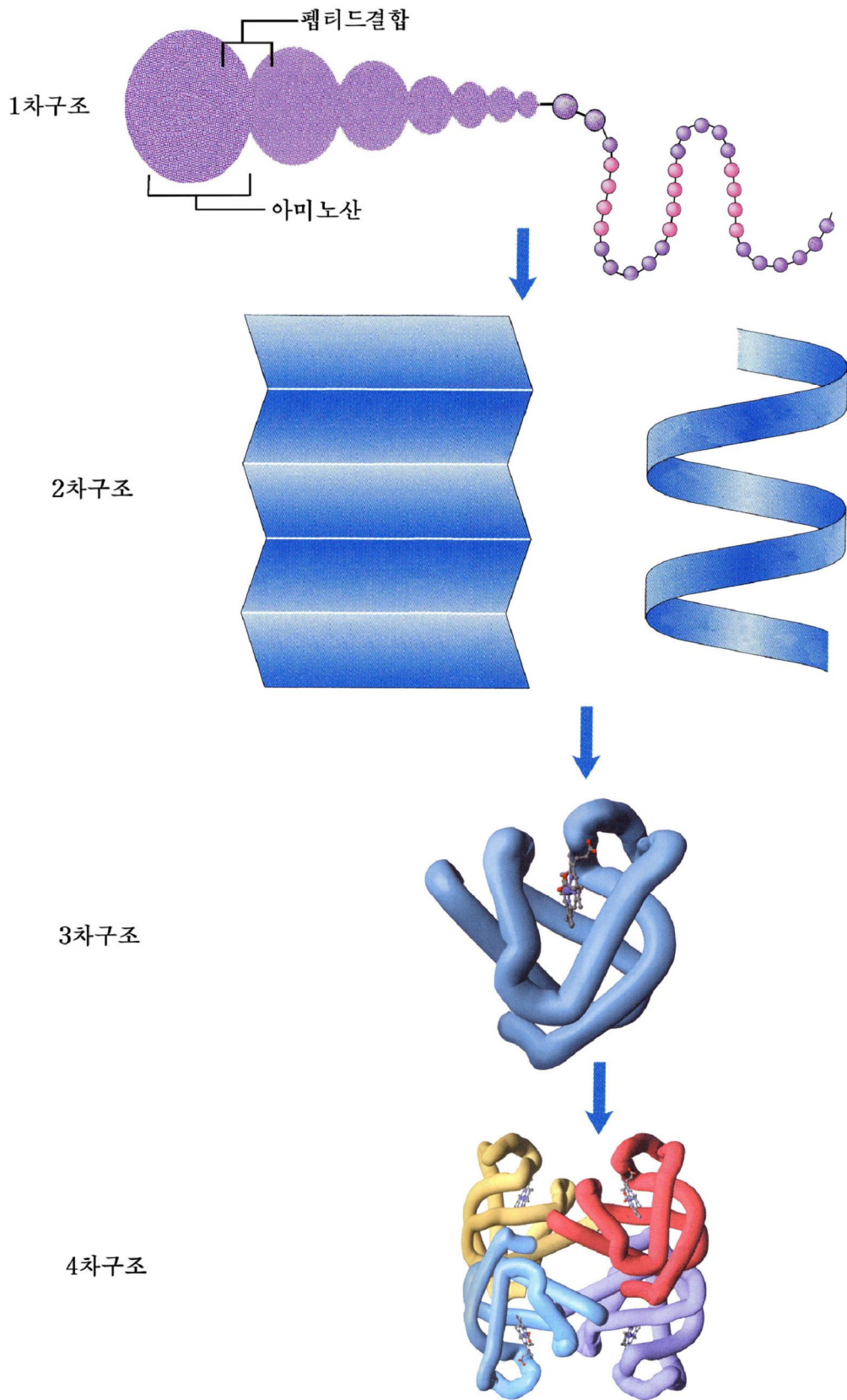



그림 1-3. 단백질의 구조

단백질의 1차구조는 폴리펩티드사슬에서 아미노산의 배렬순서를 반영한 구조이다. 아미노산 배렬순서에서 한개의 아미노산이 달라져도 벌써 다른 단백질로 된다.

생물종마다 특징과 특성이 다른것은 몸을 이루는 단백질의 1차구조의 다양성과 관련된다.

인슐린의 1차구조발견

단백질의 1차구조가 처음으로 밝혀지고 합성된 단백질은 인슐린이다.

인슐린은 취장에서 분비된다. 21개의 아미노산으로 된 α사슬과 30개의 아미노산으로 된 β사슬로 이루어져있다.

학자 쌩거는 폴리펩티드사슬의 두끝에서 아미노산을 하나씩 떼내여 확인하는 과정에 단백질의 1차구조를 결정하는 방법을 확립하였다. 그에 기초하여 1953년 인슐린의 1차구조를 밝히는데 성공하였다.

○ 인슐린은 어떤 기능을 수행하며 구조에서 특징은 무엇인가?

단백질의 2차구조는 단백질의 1차구조를 이룬 폴리펩티드사슬이 만드는 규칙적인 구조이다. 여기에는 폴리펩티드사슬이 라선구조와 사슬이 주름진 판대기모양으로 배렬된 구조가 있다.

단백질의 2차구조는 수소결합에 의하여 유지된다.

※ 전기음성도가 큰 원자들인 O, N 등이 하나의 수소원자를 사이에 두고 정전기적끌힘에 의하여 이루어지는 비원자가결합을 **수소결합**이라고 부른다.

단백질의 3차구조는 2차구조를 가진 폴리펩티드사슬이 다시 구부러지고 접히면서 이루어진 립체구조이다.

단백질의 3차구조는 수소결합, 이온결합, 디술피드결합, 물꺼림성결합에 의하여 안정하게 유지된다.

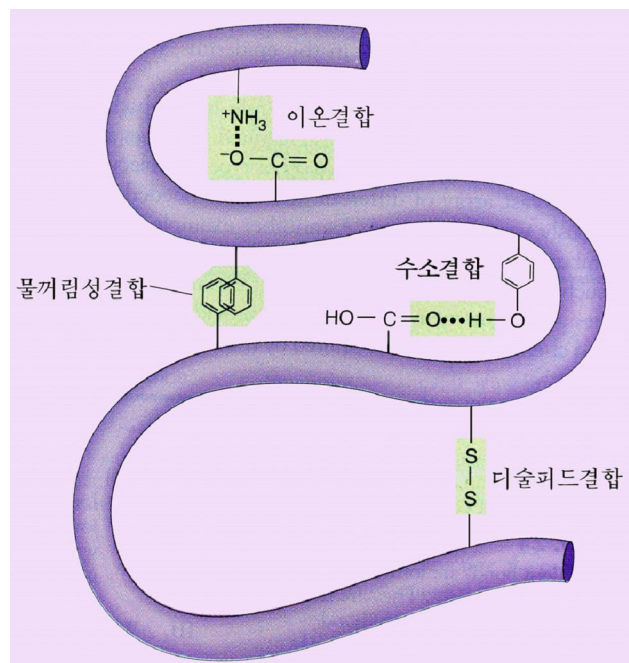



그림 1-4. 아미노산결사슬의 호상작용

※ 디술피드결합—시스테인에 있는 SH기의 호상작용으로 생긴 결합을 말한다.

이온결합—음이온성원자단과 양이온성원자단사이에 정전기적끌힘에 의하여 생긴 결합을 말한다.

물꺼림성결합—물꺼림성원자단들사이의 호상작용으로 생긴 결합을 말한다.

수소결합, 디술피드결합, 이온결합, 물꺼림성결합가운데서 디술피드결합을 제외한 나머지 결합들은 약한 결합이다. 이것은 저절로 생기기도 하고 끊어지기도 한다.

단백질의 3차구조는 보통 물꺼림성원자단이 분자의 안쪽에, 물붙임성원자단은 분자의 겉면에 놓이면서 형성된다.

단백질의 3차구조는 효소의 촉매활성을 보장하는데서 중요한 역할을 한다.

단백질의 4차구조는 3차구조를 이룬 폴리펩티드사슬이 여러개 모여서 이루어진 구조이다.

피에서 산소를 나르는 헤모글로빈은 4개의 폴리펩티드사슬이 모여서 4차구조를 이루고있다.

단백질의 고차구조는 주로 수소결합을 비롯한 약한 결합으로 되여있으므로 쉽게 변할수 있다. 이런 현상을 **단백질의 변성**이라고 부른다.

해보기

두 시험관에 닭알 흰자위와 물을 1:1로 섞은 용액을 각각 2mL씩 넣는다. 한 시험관은 끓을 때까지 가열하고 끓이지 않은 시험관과 비교하여보아라. 어떤 변화가 생겼는가, 그 원인은 무엇인가?

생각하기

○ 단백질의 1차, 2차, 3차, 4차구조의 다른 점은 무엇인가?
○ 단백질의 3차, 4차구조의 의의는 무엇인가?

단백질의 침전반응

준비

4～8시간 물에 불군 콩, 둥근밑플라스크, 피페트, $MgCl_2$(서슬)용액, 분쇄기

방법

1) 물에 불군 콩을 보드랍게 분쇄하여 콩물을 만든다.

2) 콩물 30～50mL를 둥근밑플라스크에 넣고 가열한다.

3) 5분동안 끓인 후 70～80℃까지 식히고 거기에 $MgCl_2$용액을 피페트로 방울방울 떨구면서 천천히 저어준다.

4) 엉겨굳어진 물질이 더 생기지 않으면 $MgCl_2$용액을 더 넣지 않는다.

분석과 토론

○ 콩물안에서 어떤 물질이 엉겨굳어지는가?

○ 이 실험원리는 어디에 적용하는가?

결과처리

○ 끓인 콩물안에서 엉겨굳어지는 물질의 색갈과 물의 색갈을 기록한다.

○ 이 실험에서 $MgCl_2$이 어떻게 작용하였는가를 설명한다.

2. 당 질

당질은 식물의 빛합성에 의하여 만들어진다.

당질에는 포도당, 사탕, 농마, 섬유소 등이 속한다. 당질을 이루는 화학원소는 C, H, O이며 일반식은 $C_n(H_2O)_m$로 표시할수 있기때문에 **탄수화물**이라고 부르기도 한다.

당질은 생물의 몸을 이루는데 쓰인다. 당질은 식물체 마른 질량의 약 90%, 동물에는 2%정도 들어있다. 특히 당질은 몸안에서 분해되면서 생명활동에 필요한 에네르기를 보장하는 기본원천이다. 이밖에 핵산, 단백질을 비롯한 생체물질을 만드는 재료물질로도 쓰인다.

당질은 왜 식물에 많고 동물에는 적은가?

당질은 그 결합정도에 따라 3개의 무리 즉 단당류, 소당류, 다당류로 나눈다.

해보기

당질의 매개 무리에 속하는 대표적인 물질은 다음과 같다.

단당류: 포도당, 과당 등

소당류: 사탕, 길금당, 젖당, 저분자덱스트린 등

다당류: 농마, 글리코겐, 섬유소 등

○ 매개 물질 0.5g을 시험관에 각각 넣고 물을 3mL씩 넣는다. 물에 용해되는것과 용해되지 않는것을 갈라보아라.

○ 매 시험관에 들어있는 당질의 맛을 보고 단맛이 있는것과 없는것을 갈라보아라.

○ 요드용액을 몇방울 떨구어볼 때 어떤 변화가 일어나는가?

단당류

단당류는 당질의 가장 작은 구성단위이다. 즉 소당류나 다당류의 기본구성단위물질이다. 단당류는 물에 잘 풀리고 단맛을 가진다.

단당류는 탄소원자수에 따라 3탄당($C_3H_6O_3$), 4탄당($C_4H_8O_4$), 5탄당($C_5H_{10}O_5$), 6탄당($C_6H_{12}O_6$), 7탄당($C_7H_{14}O_7$)으로 나눈다.

이가운데서 리보즈, 데옥시리보즈와 같은 5탄당과 포도당, 과당과 같은 6탄당이 가장 많으며 생리적으로도 중요한 역할을 한다.

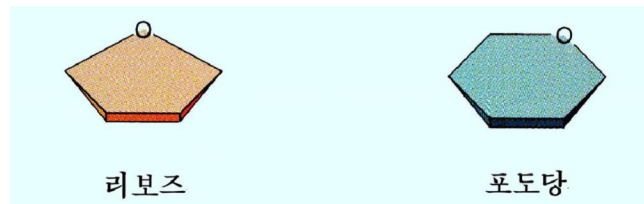



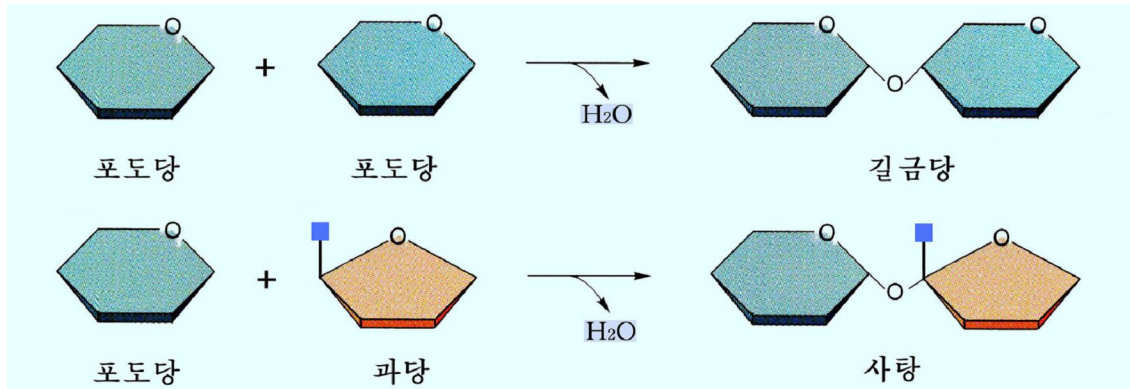
그림 1-5. 리보즈와 포도당의 구조모형

소당류

소당류는 적은 수(2～6)의 단당분자가 결합되여 이루어진 당질이다.

소당류는 결합한 단당분자의 수에 따라 이당류, 삼당류, 사당류 등으로 나눈다.

생물계에 널리 분포되여있으면서 중요한 의의를 가지는것은 이당류이다.

여기에는 농마를 효소로 분해할 때 얻어지는 길금당과 우유속의 젖당, 사탕무우나 사탕수수의 사탕 등이 속한다.

생각하기

사탕과 길금당의 구조에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

보이기실험

10% NaOH
1% $CuSO_4$
가열
증류수

10% NaOH
1% $CuSO_4$
가열
1% 길금당용액

10% NaOH
1% $CuSO_4$
가열
1% 사탕용액

그림 1-6. 이당류의 알아보기

그림에서와 같이 첫번째 시험관에는 증류수, 두번째 시험관에는 1% 길금당용액, 세번째 시험관에는 1% 사탕용액을 각각 2mL씩 넣는다.

여기에 10% NaOH용액과 1% $CuSO_4$용액을 매개 시험관에 2mL씩 넣은 다음 열을 준다.

○ 어떤 변화가 생겼는가?

○ 검붉은색침전물이 생기는것과 생기지 않는것은 무엇때문인가?

다당류

다당류는 수많은 단당분자들이 결합하여 만들어진 고분자화합물이다. 다당류에는 농마, 섬유소, 글리코겐 등이 속한다.

농마, 글리코겐, 섬유소의 기본단위물질은 포도당이다.

농마는 식물체의 빛합성에 의하여 만들어진다.

농마는 벼, 강냉이, 밀, 보리와 같은 벼과식물의 씨앗과 감자덩이줄기의 기본성분이다.

흰쌀에는 71～80%, 강냉이에는 61～76%, 감자에는 12～24%, 밀에는 63% 들어있다.

글리코겐은 농마와 비슷하므로 **동물성농마**라고도 부른다.

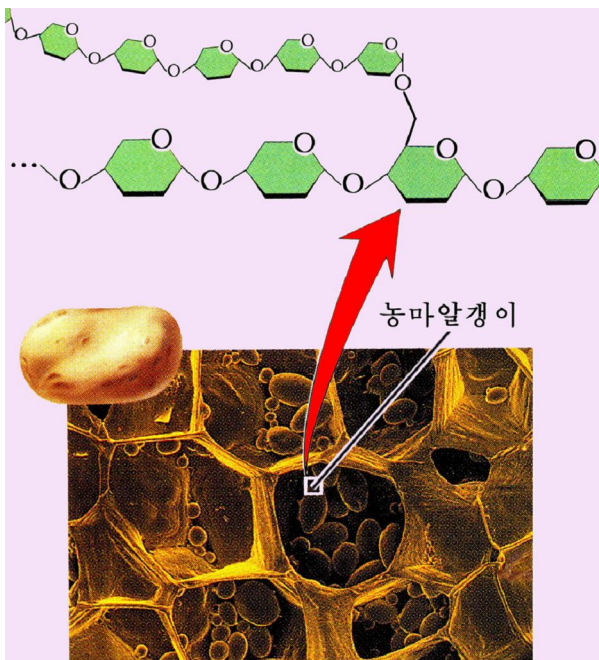



그림 1-7. 농마의 구조모형

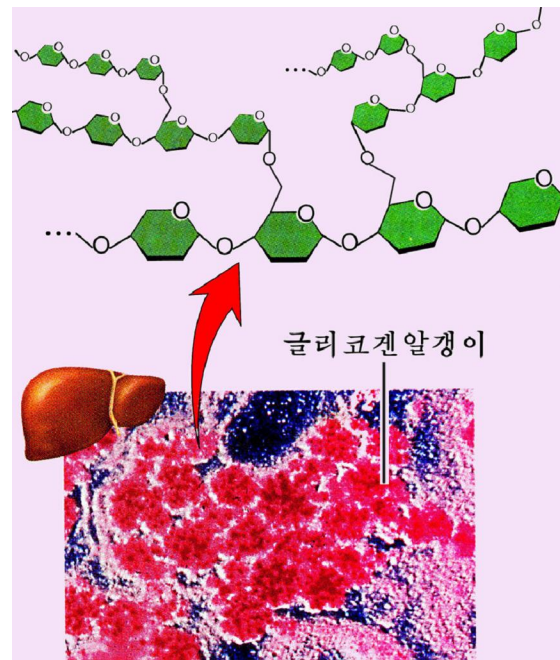



그림 1-8. 글리코겐의 구조모형

농마와 글리코겐의 구조모형을 보고 같은 점과 다른 점을 찾아보아라.

글리코겐은 동물의 간에 생질량으로 10%, 힘살에는 1～2% 들어있다. 간의 글리코겐은 포도당으로 분해되면서 피속의 당함량을 일정한 수준(0.1%)으로 유지한다.

힘살의 글리코겐은 힘살수축의 에네르기원천으로 쓰인다.

섬유소도 포도당으로 이루어져있다.

섬유소는 물에 풀리지 않는다.

섬유소는 식물세포벽의 기본구성물질이다.

섬유원천으로 리용되는 나무에는 약 50%, 갈이나 대마에는 50～55%, 목화솜에는 90%이상 포함되여있다.

3. 기 름 질

기름질은 세포막을 비롯한 세포구조물들의 조성성분의 하나이며 생명활동의 주요에네르기원천물질로 리용된다.

그밖에 사람과 고등한 동물의 몸에 있는 기름질은 체온을 일정하게 유지하는데도 참가한다.

기름질의 기본원소조성은 C, H, O이고 일부 P, N도 들어있다. 물불임성을 가진 산소분자가 적고 물꺼림성탄화수소사슬이 기본을 이룬다.

기름질은 물에 풀리지 않고 에테르, 아세톤, 휘발유 등 유기용매에 풀리는 화합물이다.

기름질에는 기름, 린기름질, 스테로이드 등이 있다.

해보기

시험관에 물 2mL와 기름을 2～3방울 넣고 흔들어보아라.

5분정도 지나서 기름과 물이 갈라진 다음 에테르나 휘발유를 넣고 흔들어보아라.

어떤 현상이 일어나는가, 그것은 무엇을 의미하는가?

기름

기름은 글리세린과 기름산이 물을 잃으면서 결합한 화합물이다. 이와 같이 알콜과 산이 물을 잃으면서 결합한 화합물을 **에스테르**, 그 결합을 **에스테르결합**이라고 부른다. 결국 기름은 글리세린의 기름산에스테르이다.

한개의 카르복실기를 가진 카르본산가운데서 기름조성에 들어가는것을 흔히 **기름산**이라고 부른다.

기름산의 탄소수는 보통 16~18개이다.

기름산분자에서 탄소와 탄소사이의 결합이 모두 단결합이면 **포화기름산**, 2중결합이 있으면 **불포화기름산**이라고 부른다. 식물성기름은 불포화기름산, 동물성기름은 포화기름산을 주로 많이 포함하고있다.

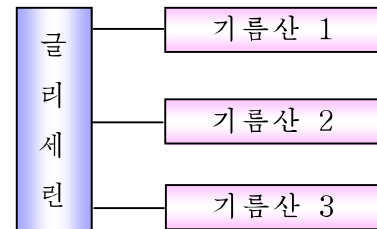



그림 1-9. 기름의 구조모형

식물성기름과 동물성기름의 다른 점은 무엇인가?

린기름질

린기름질은 린산을 가진 기름질이다. 실레로 레시틴을 들수 있다.

레시틴은 글리세린이 두 분자의 기름산, 린산, 콜린과 결합한 화합물이다.

레시틴은 세포막의 주요조성성분으로 들어있다.

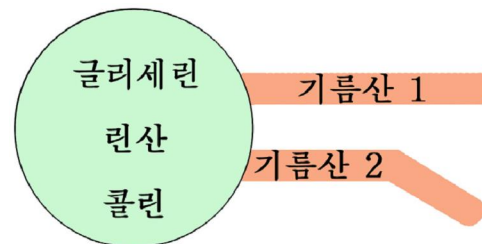



그림 1-10. 레시틴의 구조모형

스테로이드

스테로이드는 6탄소고리 3개와 5탄소고리 1개를 가진 화합물이다. 실례로 콜레스테롤을 들수 있다.

콜레스테롤은 정상사람인 경우 몸질량의 0.2%정도 들어있고 몸의 각 조직에 널리 분포되여있다. 그가운데서 1/4은 뇌수와 신경조직에 있고 간, 콩팥, 밸, 피부 등에도 비교적 많이 들어있다.

콜레스테롤은 세포막의 주요조성성분이며 사람과 동물체에서 열물, 비타민 D, 성호르몬, 콩팥웃선겉질호르몬 등의 재료물질로 리용된다.

사람피에는 일정한 량의 콜레스테롤이 정상적으로 들어있으면서 중요한 역할을 한다. 그러나 콜레스테롤이 피줄벽에 많이 붙으면 동맥경화가 온다.

해보기

기름과 물이 함께 들어있는 용액을 세개의 시험관에 각각 준비한다. 두번째 시험관에는 열물, 세번째 시험관에는 레시틴(또는 닭알노란자위)용액을 몇방울 넣고 저으면 어떤 현상이 나타나겠는가?

4. 핵 산

핵산은 산성물질인데 처음에는 핵에서 발견된 산이라는 뜻에서 핵산이라고 불렀다. 후에 세포질에도 있다는것이 밝혀졌다.

핵산은 생물체에서 유전정보를 보존하며 실현하는 물질이다.

핵산은 C, H, O, N, P의 원소로 이루어졌다.

핵산에는 데핵산(DNA)과 리보핵산(RNA)이 있다.

※ DNA는 deoxyribonucleic acid, RNA는 ribonucleic acid의 략자이다.

핵산의 기본단위물질은 누클레오티드이다.

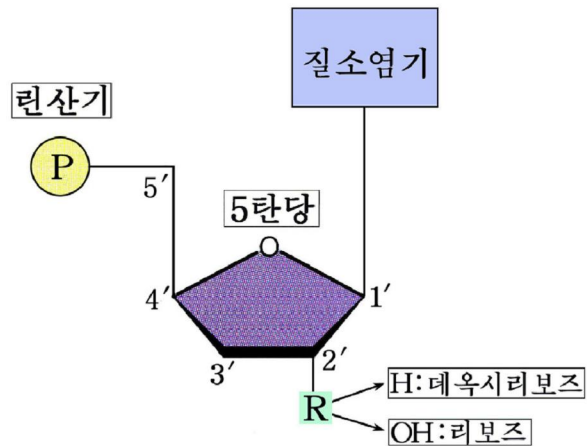
누클레오티드

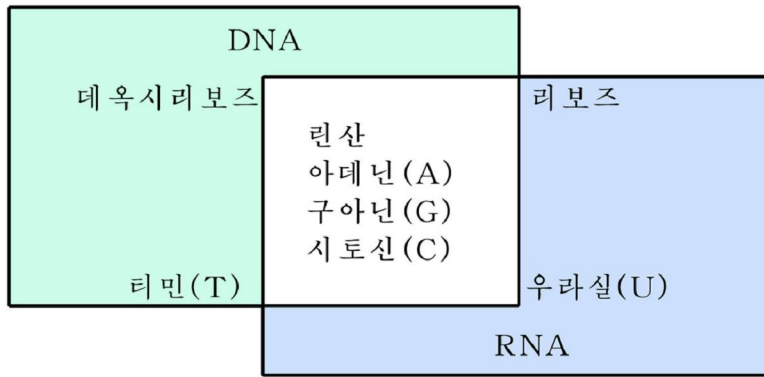
누클레오티드는 5탄당, 린산 그리고 질소를 포함한 염기로 이루어진 화합물이다.

5탄당의 1번탄소(1′)에는 질소염기가 결합하고 5번탄소(5′)에는 린산이 결합한다.

※ 질소염기원소들의 위치번호와 구별하기 위하여 리보즈와 데옥시리보즈에서는 탄소번호에 부호 《′》를 달아준다.

그림 1-11. 누클레오티드의 구조모형

핵산의 가장 중요한 성분은 질소를 포함한 염기이다. 질소염기가운데에는 두개의 고리로 된 푸린염기인 아데닌(A), 구아닌(G)과 한개의 고리를 가진 피리미딘염기로서 시토신(C), 티민(T), 우라실(U)이 있다. 그가운데서 티민(T)은 DNA에만 있고 우라실(U)은 RNA에만 들어있다. 결국 질소염기는 총 5가지이지만 매 종류의 핵산에는 4가지씩 들어있다.

5탄당에는 리보즈와 데옥시리보즈가 있는데 그 종류에 따라 핵산을 DNA와 RNA로 나눈다.

이와 같이 DNA와 RNA에서 5탄당과 질소염기의 종류는 서로 다르다.

DNA와 RNA의 화학조성에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

누클레오티드는 세포에서 개별적으로 존재하거나 DNA와 RNA의 구성단위물질로 된다.

세포안에서 개별적으로 들어있는 누클레오티드는 린산을 한개가 아니라 둘 또는 세개씩 결합한것이 많다.

일반적으로 5탄당과 질소염기가 결합한 화합물을 누클레오시드, 그 가운데서 리보즈와 아데닌으로 이루어진 화합물을 **아데노신**이라고 부른다. 아데닌누클레오티드에는 아데노신분자에 린산잔기가 1개 결합한 아데노신 5′-모노린산(AMP), 2개가 결합한 아데노신 5′-디린산(ADP), 3개가 결합한 아데노신 5′-트리린산(ATP)이 있다.

ATP는 생물학적과정에 생기는 에네르기를 저축하기도 하고 필요할 때 내주기도 하는 《축전지》와 같은 생체물질이다.

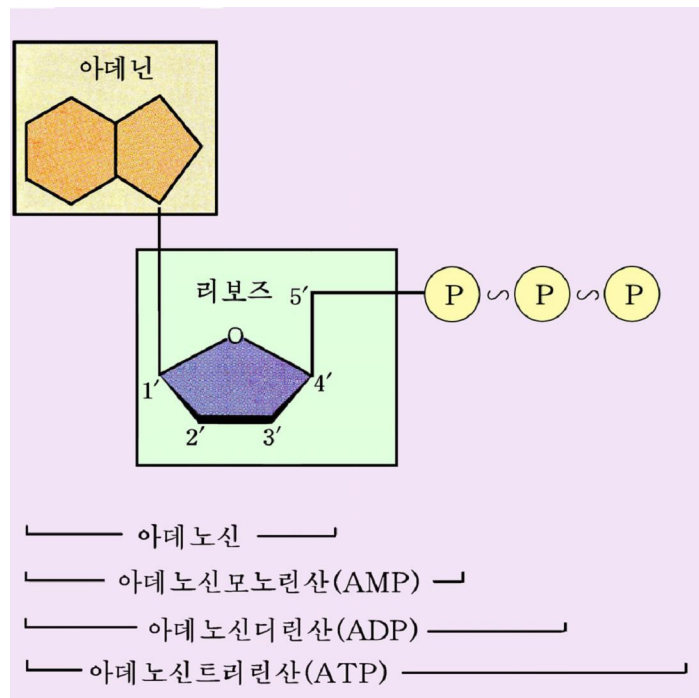



그림 1-12. ATP의 구조모형

누클레오티드는 린산, 당을 다리로 하여 서로 결합을 한다.

누클레오티드가 수많이 결합한것을 **폴리누클레오티드**라고 부른다.

데핵산

데핵산 한개 분자에는 10^8 또는 그 이상의 누클레오티드가 결합되여있다.

데핵산분자의 폴리누클레오티드사슬에서 누클레오티드의 배렬순서를 반영한 구조를 **데핵산의 1차구조**라고 부른다. 데핵산의 1차구조에 의하여 단백질의 종류와 더 나아가서 생물종류의 다양성이 규정된다.

데핵산의 2차구조는 두개의 폴리누클레오티드사슬이 하나의 가상적인 축을 중심으로 2중라선구조를 하고있다.

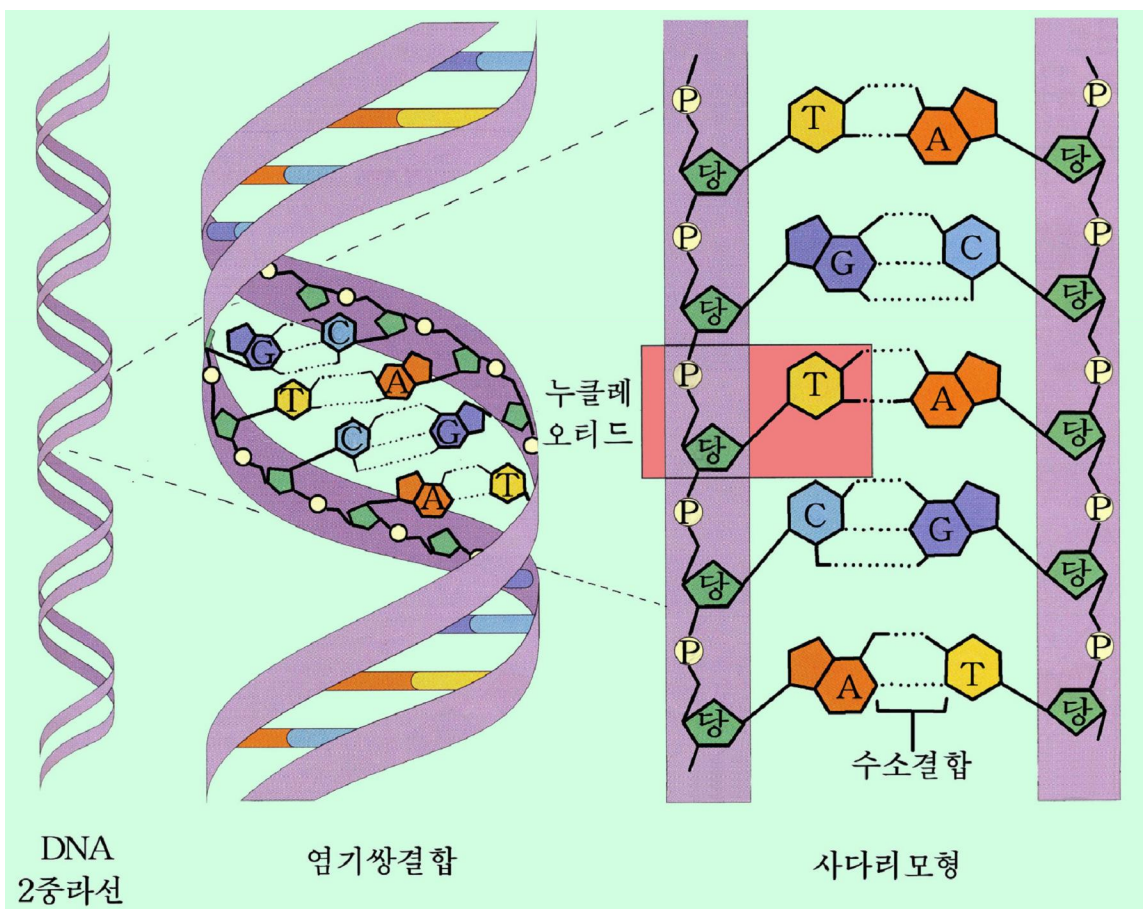



그림 1-13. 데핵산의 구조

질소염기들은 라선의 중심을 차지하고 당-린산사슬은 바깥쪽으로 감기면서 2중라선구조를 형성한다.

질소염기들은 각각 맞은편사슬의 일정한 염기와만 수소결합을 이루면서 평면모양의 염기쌍을 형성한다. 아데닌(A)은 티민(T), 구아닌(G)은 시토신(C)과만 염기쌍을 이룬다. 한 사슬의 누클레오티드의 결합순서는 맞은편사슬과 반대이다.

데핵산분자는 자기와 꼭같은 분자를 만들어낼수 있는 능력이 있다. 이런 특성이 있기때문에 유전물질로서의 역할을 한다.

최근 나노생물기술분야에서는 데핵산의 이 특성을 리용하여 DNA콤퓨터를 만들었다.

몇가지 생물의 데핵산질소염기의 몰비

다음의 표를 보고 분석하여라.

재료	아데닌 (A)	구아닌 (G)	시토신 (C)	티민 (T)	A/T	G/C	$\frac{A+G}{C+T}$	$\frac{A+T}{G+C}$
사람(가슴선)	30.9	19.9	19.8	29.4				
닭(붉은피알)	28.8	20.5	21.5	29.2				
밀씨앗	27.3	22.7	22.8	27.1				
대장균	24.7	26.0	25.7	23.6				
검은곰팽이	25.0	25.1	25.0	24.9				

○ A/T, G/C, A+G/C+T, A+T/G+C의 비는 각각 얼마인가?

리보핵산

리보핵산은 세포에서 한오리 폴리누클레오티드사슬구조를 하고있다. 만약 2차구조를 이룰 때에는 사슬의 몇개 부위에서 수소결합이 형성되면서 머리핀모양구조를 이룰수 있다.

리보핵산은 구조와 기능에 따라 정보리보핵산(mRNA), 운반리보핵산(tRNA), 리보체리보핵산(rRNA)으로 나눈다.

mRNA는 DNA의 유전정보를 옮겨베껴 리보체에로 전달한다.

tRNA는 다른 RNA와 마찬가지로 1개의 폴리누클레오티드사슬로 되여있으나 2차구조를 형성할 때 일부분에서 질소염기들사이의 수소결합이 형성되거나 서로 밀치면서 토끼풀잎과 비슷한 모양을 만든다. tRNA에는 mRNA의 유전암호와 상보적인 결합을 할수 있는 암호부분과 해당한 아미노산을 결합하는 부분을 가지고있다. tRNA는 mRNA사슬우의 유전정보에 따라 해당한 아미노산을 리보체에로 나른다.

rRNA는 단백질과 함께 리보체를 만든다.

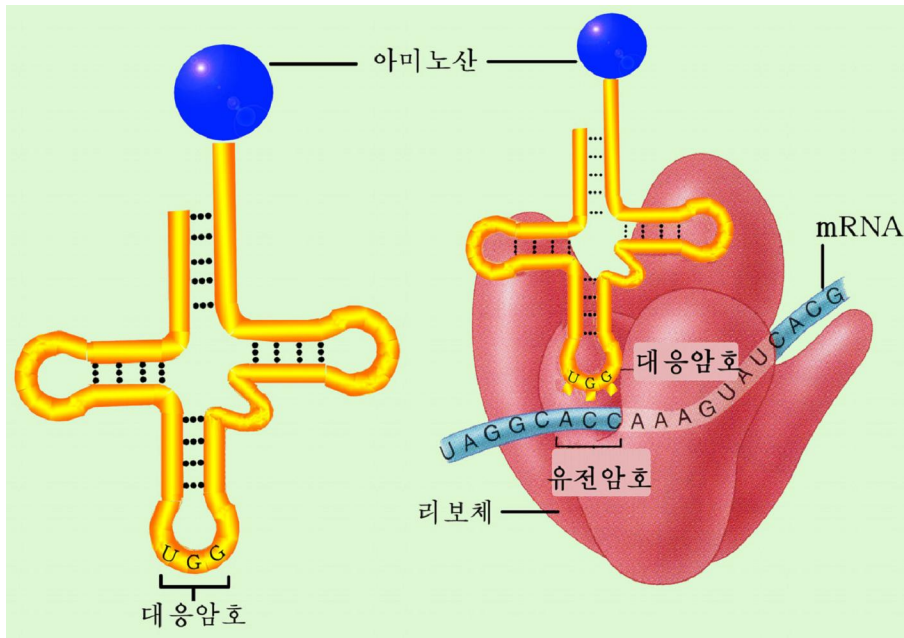



그림 1-14. tRNA의 구조

생각하기

- DNA와 RNA의 조성, 구조, 기능에서 다른 점과 같은 점은 무엇인가?
- DNA의 1차구조가 달라지면 어떤 현상이 나타나겠는가?

문 제

1. 단백질의 1차구조와 그 의의는 무엇인가?
2. 단백질의 2차, 3차, 4차구조사이에는 어떤 관계가 있으며 그 의의는 무엇인가?
3. 당질에는 어떤 종류들이 있으며 그의 기능은 무엇인가?
4. 기름질에는 어떤 종류들이 있으며 그의 기능은 무엇인가?
5. 데핵산과 리보핵산의 구조와 역할을 다음 표의 빈칸에 써넣어라.

핵산의 종류	들어있는 곳	역할	질소염기	당	2차구조모양
DNA					
RNA mRNA tRNA rRNA					

DNA 2중라선구조의 발견

DNA의 2중라선구조는 1953년에 워트슨과 크리크에 의하여 발견되였다.

1951년에 워트슨은 한 학술발표회에서 DNA의 X선구조분석에 대한 환등필림을 보고 큰 인상을 받고 그후 크리크를 만나 DNA의 구조를 공동으로 연구하기로 약속하였다.

DNA의 구조모형을 만드는 과정에 그들은 한 학자가 단백질의 구조를 어떻게 밝혔겠는가를 알아보았다. 결과 그 학자가 X선구조분석에 기초하여 단백질분자에서 원자들사이의 관계를 밝혔다는것을 알게 되였다. 이에 토대하여 DNA의 구조모형을 만들기 시작하였다.

그들은 다른 학자들이 이미 밝힌 일련의 자료들 특히 DNA분자는 4가지 질소염기를 포함한 누클레오티드의 긴사슬로 이루어졌다는것 그리고 DNA분자는 라선구조를 가질수 있다는것과 사슬사이거리계산값을 참고하여 처음으로 DNA구조모형을 만들었다. 그들은 모형에서 린산—당골격을 라선의 안에 배치하였다. 다른 학자들이 워트슨과 크리크가 제기한 DNA의 구조모형을 검토하는 과정에 오유가 있다는것을 발견하였다. 워트슨과 크리크는 계속 근기있게 연구를 하여 두번째 DNA구조모형을 만들었다. 이 모형은 린산-당골격을 밖에 배치한 2중라선구조모형이였다. 그리고 쌍을 이루는 질소염기들을 A와 A, T와 T로 배치하였다.

한 화학학자는 질소염기들이 이렇게 쌍을 이룰수 없다는것을 제기하였다. 그리하여 두번째 DNA구조모형도 실패하였다.

1952년에 워트슨과 크리크는 한 학자로부터 DNA분자에서 A의 총량은 T와 같고 G의 총량은 C와 같다는 자료를 알게 되였다. 여러차례의 실패에서 얻은 교훈과 새로 알게 된 자료에 기초하여 1953년에 드디여 DNA의 2중라선구조모형을 만들어냈다. DNA의 2중라선구조의 발견은 그후 생명현상의 비밀을 분자수준에서 연구하는데서 큰 역할을 놀았다.

몇가지 음식물재료의 당질함량

종류	함량/%	종류	함량/%
사탕가루	98.9	고구마	23.1
꿀	75.6	감자	7.46
흰쌀	77.2	수박	1.09
밀가루	74.6	녹두	3.11
빵	58.1	락화생	4.67

제3절. 생물체에서의 화학반응

・효소란 무엇이며 그것이 무기촉매와 다른 점은 무엇인가?
・생물체안에서 진행되는 화학반응은 어떤 특성을 가지는가?

생물체는 물질 및 에네르기를 끊임없이 받아들이며 내보낸다. 이 과정들은 수많은 화학반응들로 이루어지는데 그것을 통털어 **물질대사**라고 부른다. 물질대사는 생물의 기본특성의 하나이다.

그러므로 물질대사과정을 이루는 화학반응과 그 특성을 잘 알아야 생명활동의 본질을 파악하고 과학적으로 조절해나갈수 있다.

1. 생물촉매로서의 효소

효소는 생물체안에서 일어나는 화학반응을 촉진시키는 특수한 구조를 가진 단백질이다.

화학반응속도와 효소의 활성사이에는 밀접한 련관이 있다.

효소는 흔히 그것의 기질 또는 반응의 이름에 《—아제》를 붙여서 부른다.

례를 들어 단백질을 분해하는 효소를 **프로테아제**, 기름을 분해하는 효소를 **리파제**, 농마를 분해하는 효소를 **아밀라제**라고 부른다. 또는 위액의 펩신과 취장액의 트립신과 같이 이전에 붙인 이름을 그대로 쓰기도 한다.

효소의 구조

효소는 구성성분에 따라 한성분효소와 두성분효소로 나눈다. **한성분효소**는 단백질로만 되여있고 **두성분효소**는 단백질과 저분자유기 및 무기화합물로 이루어져있다.

두성분효소에서 저분자유기 및 무기화합물을 **효소의 비단백질부분**이라고 부른다.

비단백질부분의 저분자유기화합물에는 비타민과 그 유도체들인 NAD(니코틴아미드아데닌디누클레오티드), FAD(플라빈아데닌디누클레오티드), NADP(니코틴아미드아데닌디누클레오티드린산) 등이 속하며 이것을 **도움효소**라고 부른다.

저분자무기화합물의 대부분은 금속이온들이다. 그가운데는 Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, Co와 같이 효소단백질과 견고하게 결합한것도 있다.

효소로 되는 단백질은 분자안에 활성중심(반응중심)을 가지고있다. 이 활성중심에 기질이 결합하며 여기서 반응이 진행된다.

효소의 특성

효소는 그의 작용을 받아 변하는 물질 즉 기질과 결합되여 효소-기질복합체를 형성함으로써 화학반응을 촉진시킨다.

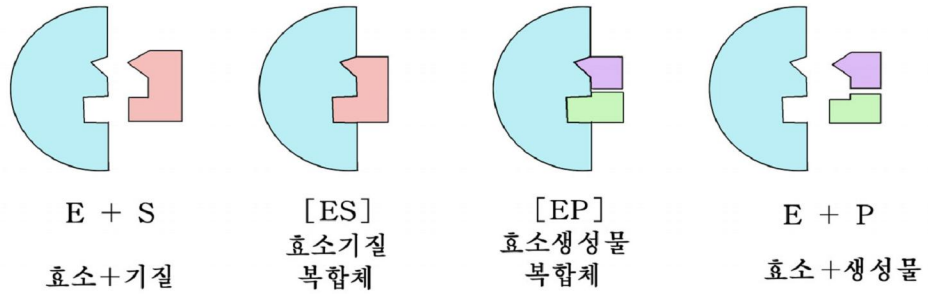



그림 1-15. 효소의 작용불림새
E:효소, S:기질, P:생성물

효소가 촉매로 작용하는 화학반응은 기본적으로 4개의 단계 즉 효소와 기질의 접근단계(E+S), 효소기질복합체형성단계(〔ES〕), 효소생성물복합체형성단계(〔EP〕), 효소와 생성물의 분리단계(E+P)로 진행된다.

$$E+S \rightleftharpoons 〔ES〕 \rightleftharpoons 〔EP〕 \rightleftharpoons E+P$$

생각하기

반응전과 반응후 효소는 어떤 상태로 있는가?

효소기질복합체는 기질의 모양에 맞게 효소모양이 변하면서 만들어진다. 효소기질복합체가 형성되면 기질은 홀로 있을 때보다 불안정한 상태에 놓이게 되며 결과 적은 에네르기에 의해서도 쉽게 활성화되여 반응이 촉진된다.

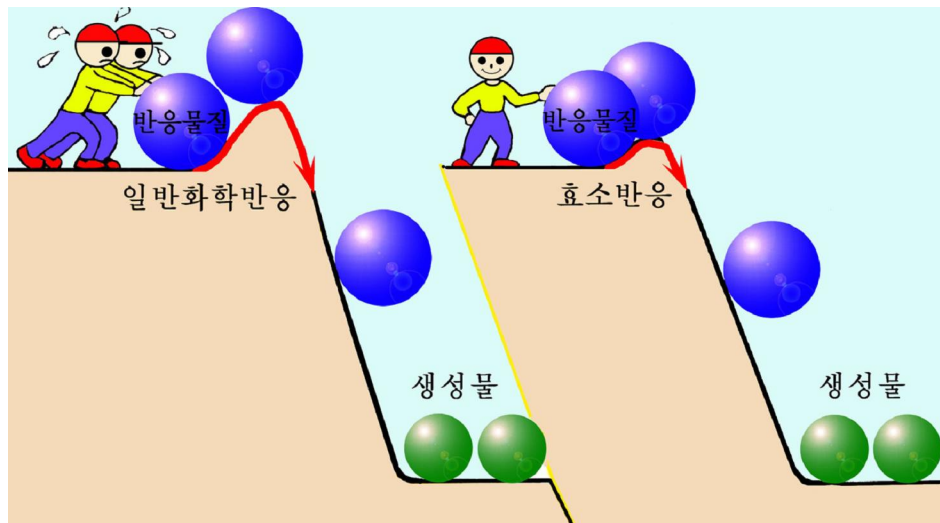



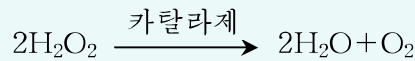
그림 1-16. 효소가 없을 때와 있을 때의 반응비교

효소는 무기촉매와 다른 특성을 가진다.

효소는 무기촉매보다 촉매능력이 비할바없이 높다. 일반적으로 효소의 촉매능력은 무기촉매의 $10^7 \sim 10^{13}$배이다.

H_2O_2의 분해에 대한 무기촉매와 효소의 능력비교

카탈라제는 Fe을 포함하고있으면서 H_2O_2의 분해반응을 촉매하는 효소이다.

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{카탈라제}} 2H_2O + O_2$$

H_2O_2의 분해에 대한 무기촉매〔$Fe(OH)_3$〕와 카탈라제의 촉매능력은 다음과 같다.

구 분	1mol의 촉매에 의하여 분해되는 H_2O_2의 물질량
$Fe(OH)_3$	0.01㎛ol
카탈라제	100만㎛ol

※ 효소발생은 단위시간동안에 변화된 기질의 량 또는 생성된 반응산물의 량으로 표시한다.

○ 카탈라제는 $Fe(OH)_3$에 비하여 몇배의 활성을 나타냈는가, 이것을 통하여 무엇을 알수 있는가?

매 종류의 효소는 모든 물질에 다 작용하는것이 아니라 일정한 물질에만 작용한다. 이 성질을 효소의 **기질특이성**이라고 부른다.

실례로 펩신은 단백질, 아밀라제는 농마, 리파제는 기름만을 분해하고 다른 물질은 분해하지 못한다. 이것은 효소의 종류에 따라 구조가 다르기때문이다.

효소는 알맞는 조건에서만 반응을 촉진시킨다.

효소활성은 온도의 영향을 받는다.

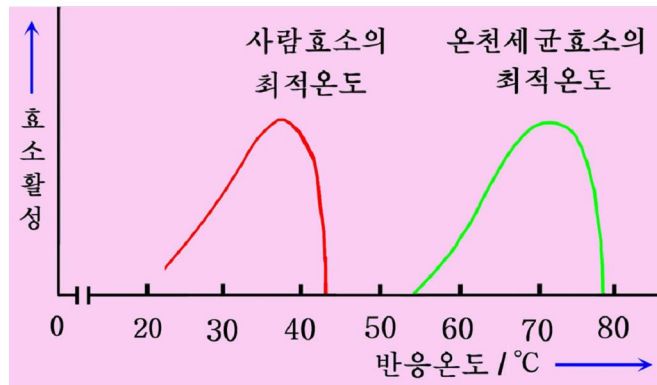



그림 1-17. 효소활성에 주는 온도의 영향

효소활성에 미치는 온도의 영향

준비

1% 농마용액, 1:20배 희석한 깨끗한 침(아밀라제), 요드용액, 시험관, 온도계

방법

두개의 시험관에 다음 표에 제시된 순서에 따라 실험을 진행한다.

시험관 번호	1% 농마용액 /mL	깨끗한 침 /mL	온도 /℃	시간 /min	넣는 요드용액 /방울
1	2	0.5	40	15	3
2	2	0.5	얼음	15	3

※ 침을 넣고 일정한 온도를 보장한 다음 방안온도까지 되게 하고 요드용액을 넣는다.

시험관 1은 무색, 시험관 2에서만 푸른보라색이 나타난다. 그것은 분해되지 않은 농마와 요드가 반응하기때문이다.(농마요드반응)

일정한 온도한계를 넘으면 효소의 활성은 왜 급격히 떨어지는가?

효소의 활성은 매질의 pH영향도 받는다. 실례로 펩신의 최적pH는 1～1.5, 침아밀라제는 6.5～7.0, 트립신은 8.0～9.0이다.

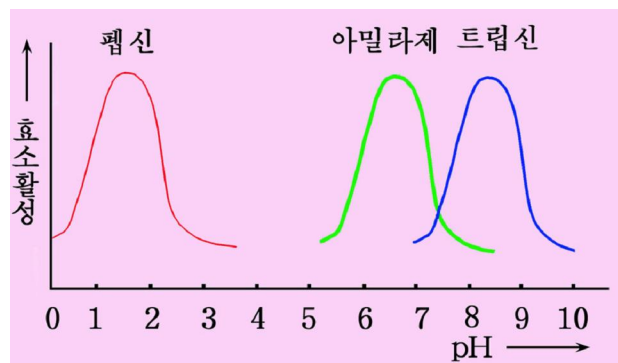



그림 1-18. 효소활성에 주는 pH의 영향

효소활성이 매질의 pH의 영향을 받는것은 무엇때문인가?

효소활성은 여러가지 화학물질의 영향도 받는다.

2. 생체화학반응

생체화학반응이란 생물체안에서 일어나는 화학반응이라는 뜻이다.

생체화학반응은 크게 합성반응과 분해반응으로 나눌수 있다. 그 류형에는 전형적인 합성반응과 함께 산화환원반응, 옮김반응, 물분해반응, 떼기반응, 이성화반응이 있다.

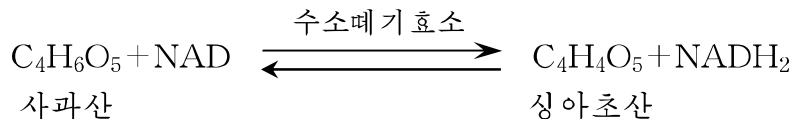
앞에서 주요생체물질의 합성반응에 대하여서는 보았으므로 여기서는 나머지 반응들만을 보기로 한다.

산화환원반응

생물체에서 일어나는 산화환원반응은 무기화학반응에서와 달리 한 물질에서 $2H^+$와 $2e^-$이 동시에 떨어져 다른 물질에 주는 반응이다. 이 반응은 **되돌이반응**이며 그것을 촉매하는 효소를 **산화환원효소**라고 부른다.

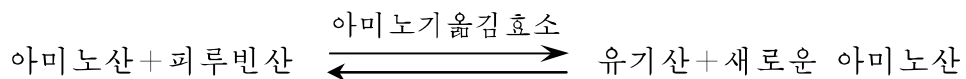
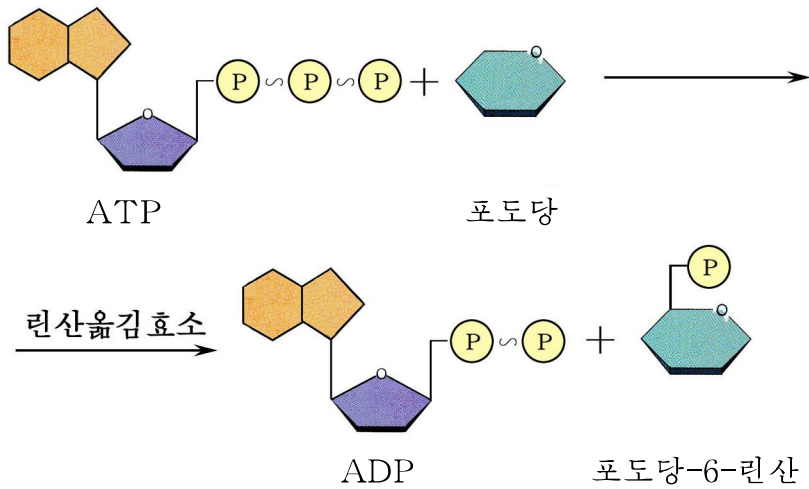
산화환원효소의 도움효소는 NAD와 FAD이다.

사과산수소떼기반응을 보면 다음과 같다.

$$\underset{\text{사과산}}{C_4H_6O_5 + NAD} \underset{}{\overset{\text{수소떼기효소}}{\rightleftarrows}} \underset{\text{싱아초산}}{C_4H_4O_5 + NADH_2}$$

옮김반응

옮김반응은 $-NH_2$, $-PO_4^{3-}$ 등 분자의 일부를 주고받는 반응이다.

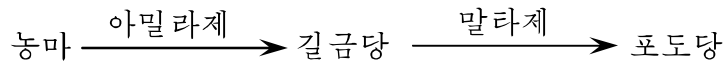
실례로 아미노기옮김반응을 들수 있다.

$$\text{아미노산} + \text{피루빈산} \overset{\text{아미노기옮김효소}}{\rightleftarrows} \text{유기산} + \text{새로운 아미노산}$$

린산옮김효소는 ATP의 린산잔기를 포도당에 옮기는 반응을 촉매한다.

산화환원반응과 옮김반응은 생물체에서 어떤 의의를 가지는가?

물분해반응

물분해반응은 물의 작용에 의하여 물질이 갈라지는 반응이다.

이 반응을 촉매하는 효소를 **물분해효소**라고 부른다.

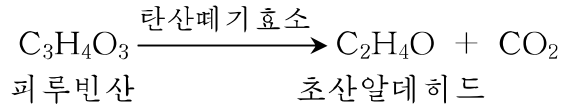
실례로 아밀라제는 농마를 길금당, 말타제는 길금당을 포도당으로 물분해하는 효소이다.

누에고치벽은 주로 단백질인 피브로인으로 되여있다. 고치안에서 누에나비가 나올 때에는 벽에 위액을 발라 구멍을 뚫고나온다. 어떤 물질이 구멍을 내겠는가?

떼기반응

떼기반응은 물질에서 C-C결합을 끊어 원자단이 떨어지는 반응이다.

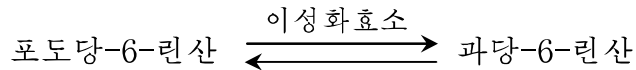
실례로 탄산떼기반응을 들수 있다.

$$C_3H_4O_3 \xrightarrow{\text{탄산떼기효소}} C_2H_4O + CO_2$$

피루빈산　　　　　　초산알데히드

이성화반응

이성화반응은 한 분자안에서 어떤 원자단이 한 탄소로부터 다른 탄소로 옮겨지면서 이성체를 만드는 반응이다.

실례로 포도당린산이성화반응을 들수 있다.

포도당-6-린산 $\underset{}{\overset{\text{이성화효소}}{\rightleftarrows}}$ 파당-6-린산

1. 효소가 무기촉매와 다른 점은 무엇인가?
2. 생체화학반응에는 어떤것들이 있으며 그것의 의의는 무엇인가?

효소활성에 주는 온도의 영향 알아보기

준비

감자쪼각, 시험관, 시험관대, 시험관집게, 비커, 약절구, 주사기, 온도계, 고무마개, 알콜등, 삼발이, 3% H_2O_2용액, 증류수

방법

1) 감자쪼각 4g을 약절구에 넣고 보드랍게 간 다음 증류수 10mL를 넣고 다시 한번 간다.

2) 주사기로 3% H_2O_2용액 2mL, 감자즙액 1mL를 빨아들인 다음 고무마개로 주사기구멍을 막는다. 그것을 20℃의 물이 들어있는 비커속에 세운다. 5분 지난 후에 주사기속에 생기는 기체의 량을 조사한다.

3) 같은 방법으로 30℃, 40℃, 50℃에서 생긴 기체량을 조사한다.

분석과 토론

○ 주사기속에서는 어떤 기체가 생겨나는가?

○ 주사기속의 기체량은 반응계의 온도에 따라 왜 차이나는가?

결과처리

같은 조건(온도, 시간 등)에서 3번이상 측정한 실험결과를 다음의 표에 기록한다.

주사기의 번호	온도/℃	기체의 량 /mL·min^{-1}			평균값
		1	2	3	
1	20				
2	30				
3	40				
4	50				

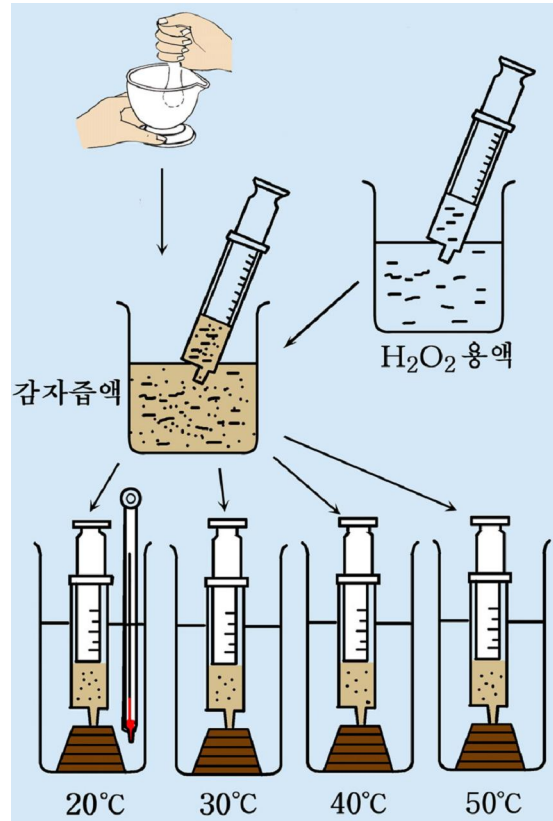
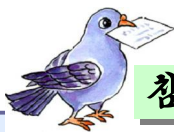



그림 1-19. 효소활성에 주는 온도의 영향 알아보기

주의할 점

약절구에서 보드랍게 간 감자쪼각에서 기체가 많은 량 생기게 하려면 1시간정도 놓아두었다가 쓴다.

참 고

효소의 연구력사

사람들은 몇세기전부터 효소의 존재에 대하여 생각하였다. 그러나 효소를 발견한것은 19세기 30년대이다.

1833년 베르소는 싹트는 씨앗에서 농마를 분해하는 물질을 얻고 그것을 디아스타제라고 이름지었다.

1835년에는 슈완에 의하여 위액에서 펩신이 발견되였다. 같은 해에 베르젤리우스는 효소에 의하여 생명활동이 보장되고 생명이 이어져나간다고 하면서 처음으로 생체촉매에 대한 개념을 제기하였다.

1897년에 부흐네르가 효모에서 당을 알콜로 만드는 반응을 촉매하는 효소인 지마제를 발견함으로써 효소연구에서 큰 전진을 이룩하게 하였다. 이때부터 많은 효소가 분리되였다.

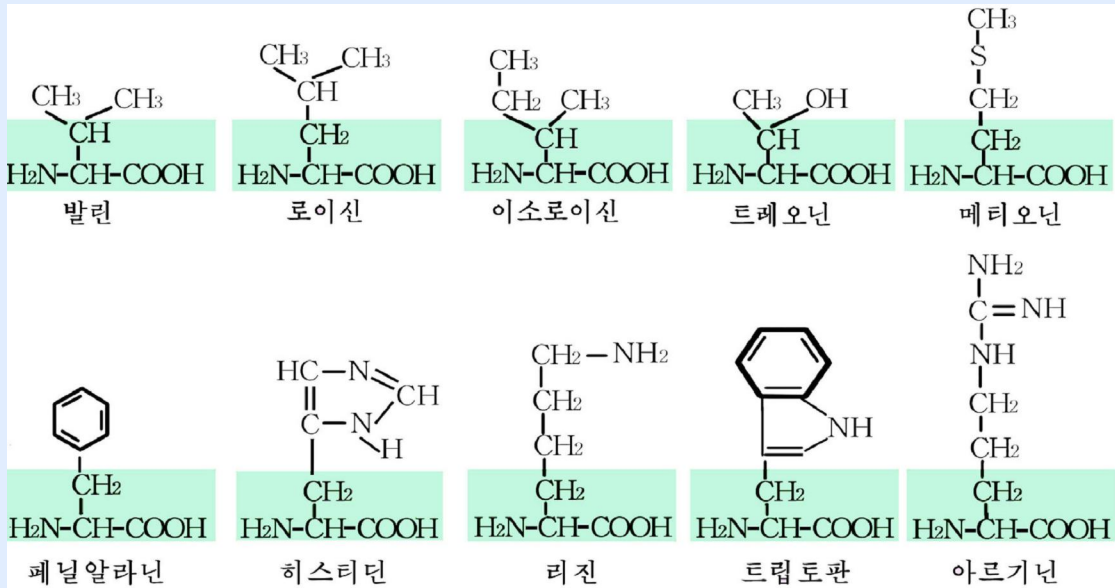
1926년에는 뇨소의 물분해반응을 촉매하는 우레아제의 결정이 처음으로 얻어졌다.

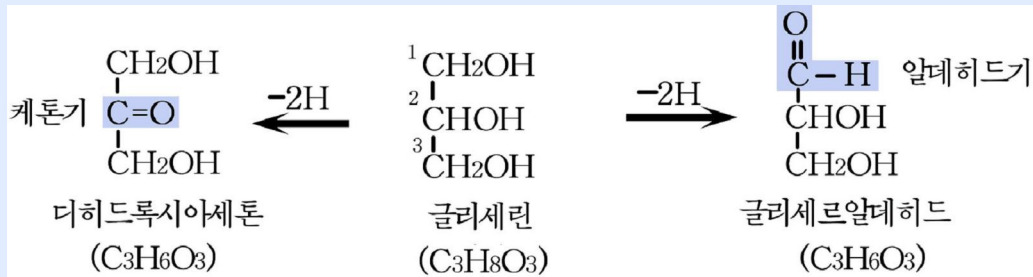
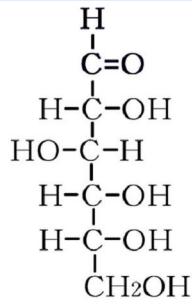
뒤이어 1930년에는 펩신결정을 얻었다. 효소가 결정으로 얻어지면서 그것이 단백질이라는것이 명백하게 되였고 연구가 보다 심화되였다.

현재 3 000종이상의 효소가 발견되고 수백종이상이 결정으로 분리되였다.

1990년대에는 일부 리보핵산이 촉매작용을 한다는것이 알려졌다.

지금 효소의 구조와 촉매작용물림새를 분자수준에서 연구하고있으며 그에 기초하여 효소공학이 발전하고있다.

필수아미노산의 구조

단당류의 구조

단당류는 분자안에 두개이상의 —OH와 알데히드기 또는 케톤기를 가진 화합물과 그 유도체이다.

포도당의 사슬구조

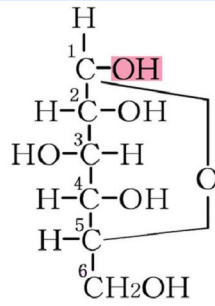
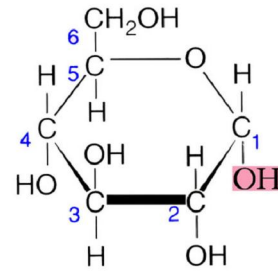
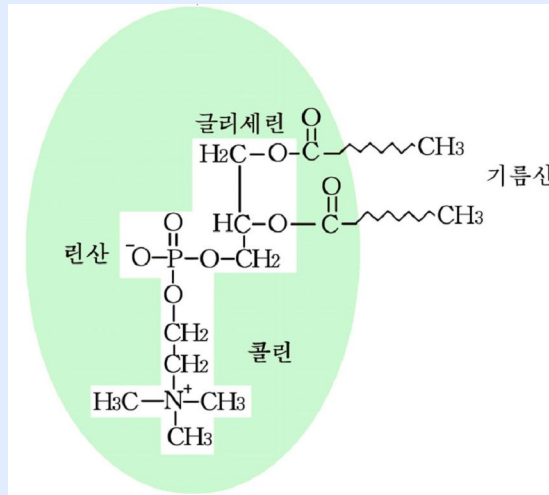
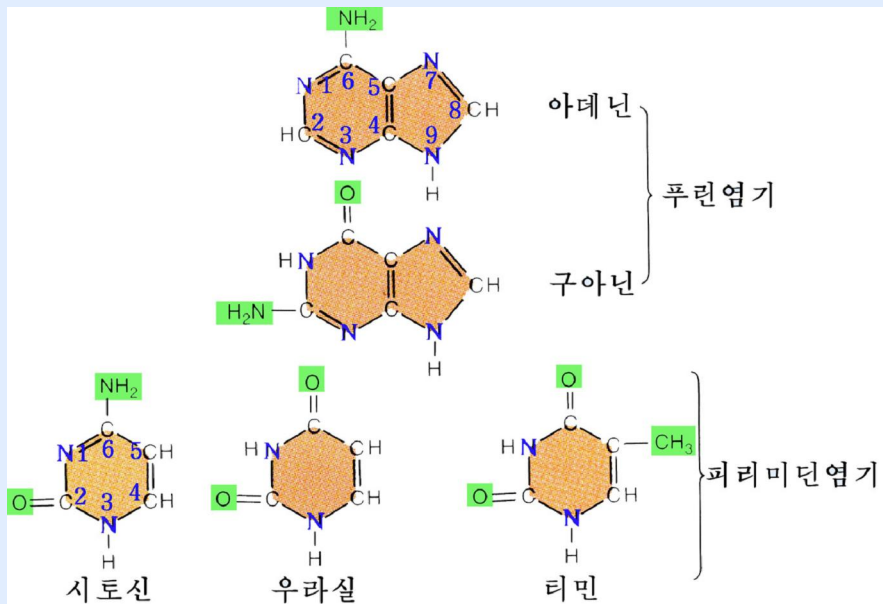
포도당의 고리구조

레시틴의 구조

글리세린

기름산

린산

콜린

핵산조성에 들어가는 질소염기의 구조

세 포

세포의 모양과 크기

세포의 구조

세포에서의 물질나들기

세포분렬

세포의 분화와 늙기

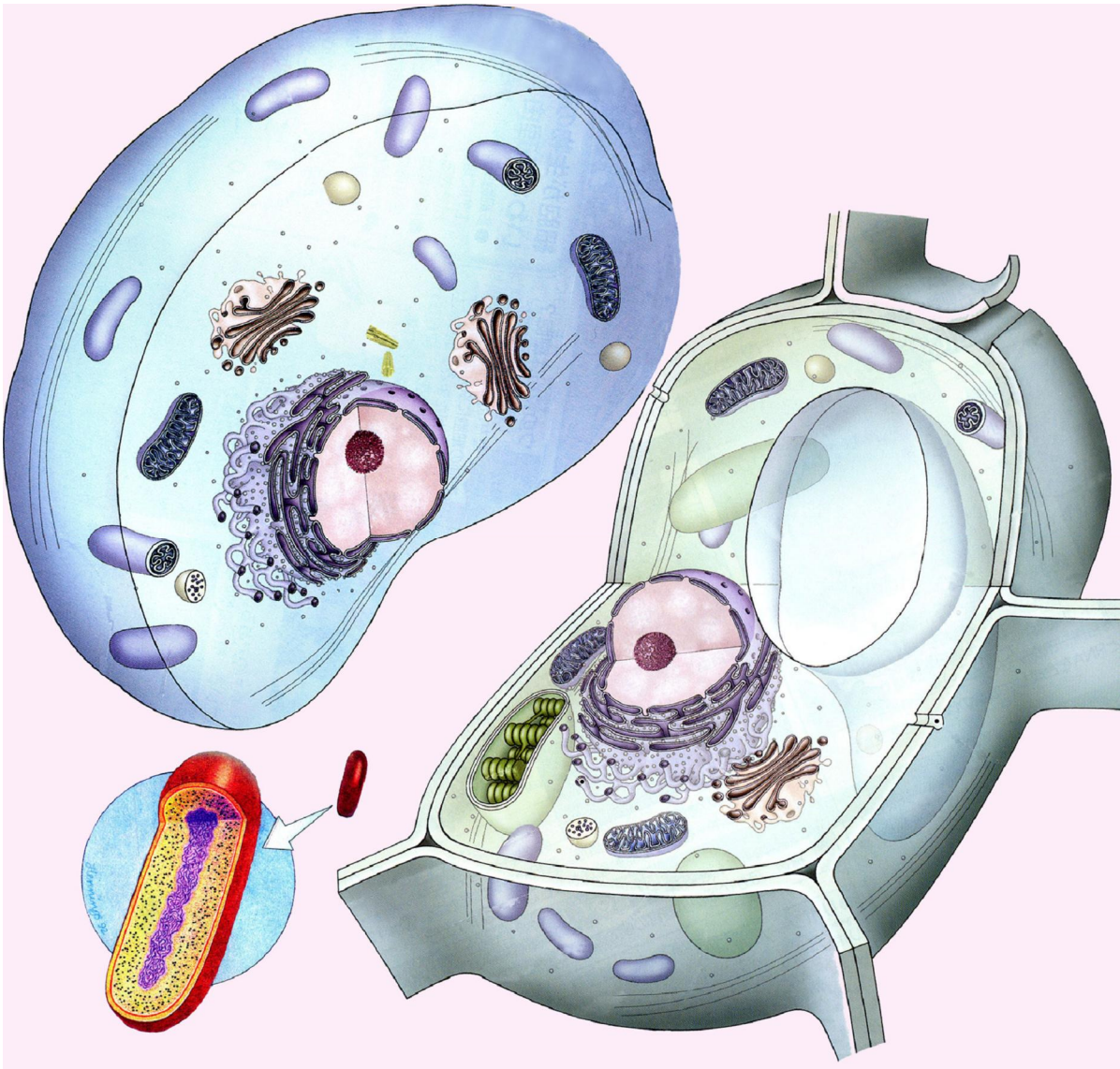
원시핵세포의 대표자—세균

비세포적구조의 생물체—비루스

제2장. 세 포

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《다 아는바와 같이 사람의 몸은 세포로 구성되여있으며 세포의 작용에 의하여 사람의 생명활동이 진행됩니다.》

지구우의 생물은 비록 종류가 다양하고 크기, 모양, 구조가 서로 다르지만 비루스를 내놓고 사람의 몸을 비롯한 모든 생물의 몸은 세포로 이루어져있으며 세포의 작용에 의하여 생명활동이 진행된다.

그러므로 생명현상의 본질을 깊이 인식하고 그것을 효과적으로 개조, 리용하자면 먼저 세포에 대하여 잘 알아야 한다.

제1절. 세포의 모양과 크기

· 세포는 어떤 모양이며 왜 맨눈으로 직접 볼수 없는가?

1. 세포의 모양

세포의 모양은 매우 다양하다. 즉 공모양, 다면체모양, 량끝이 뾰족한 방추모양, 막대기모양 등이다.

다른 세포들과 떨어져 홀로 있는 세포들은 대체로 공모양이다.

그러나 모양이 다른것들도 있다. 례를 들면 세균들가운데는 길둥근모양을 한것도 있고 타래모양을 한것도 있다. 그리고 단세포생물인 아메바, 피속의 흰피알들은 모양이 일정하지 않다.

조직을 이루는 세포(조직세포)의 모양은 주로 린접한 세포들사이에 작용하는 압력의 세기와 방향에 따라 결정된다. 흔히 다면체, 불규칙적인 모양을 가진다.

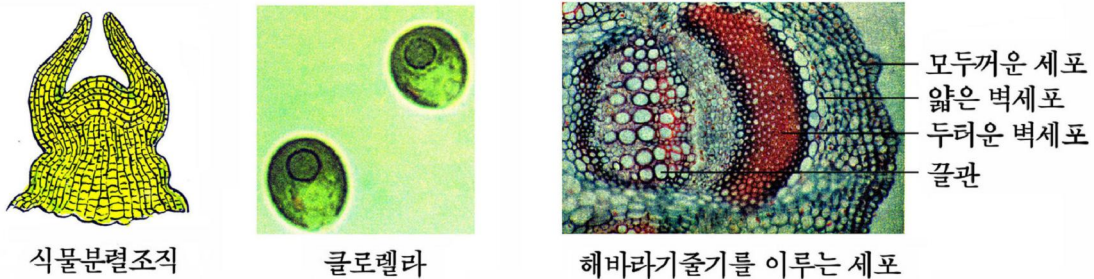
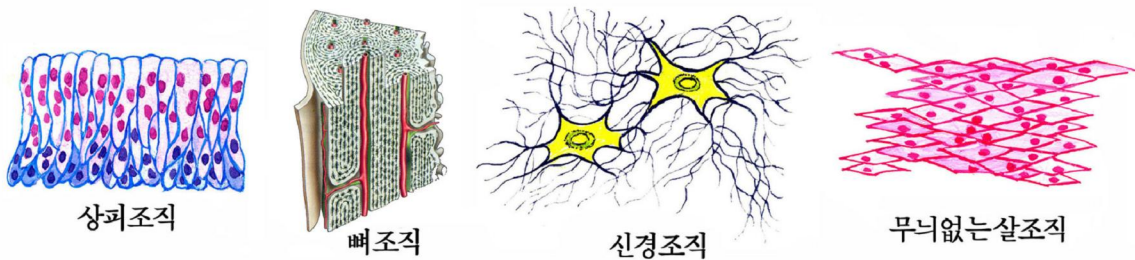
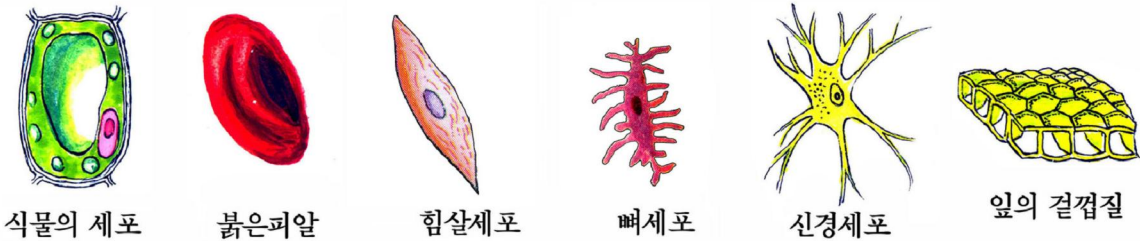



그림 2-1. 여러가지 모양의 세포

세포의 모양은 맡은 기능에 맞게 특수하게 된것들도 있다.

례를 들면 식물의 뿌리털과 같이 세포의 한 부분이 한쪽 방향으로만 자라서 길어진것, 세포가 별모양으로 자란것 등이 있다. 동물세포가운데는 신경세포나 힘살세포처럼 모양이 독특한것도 있다.

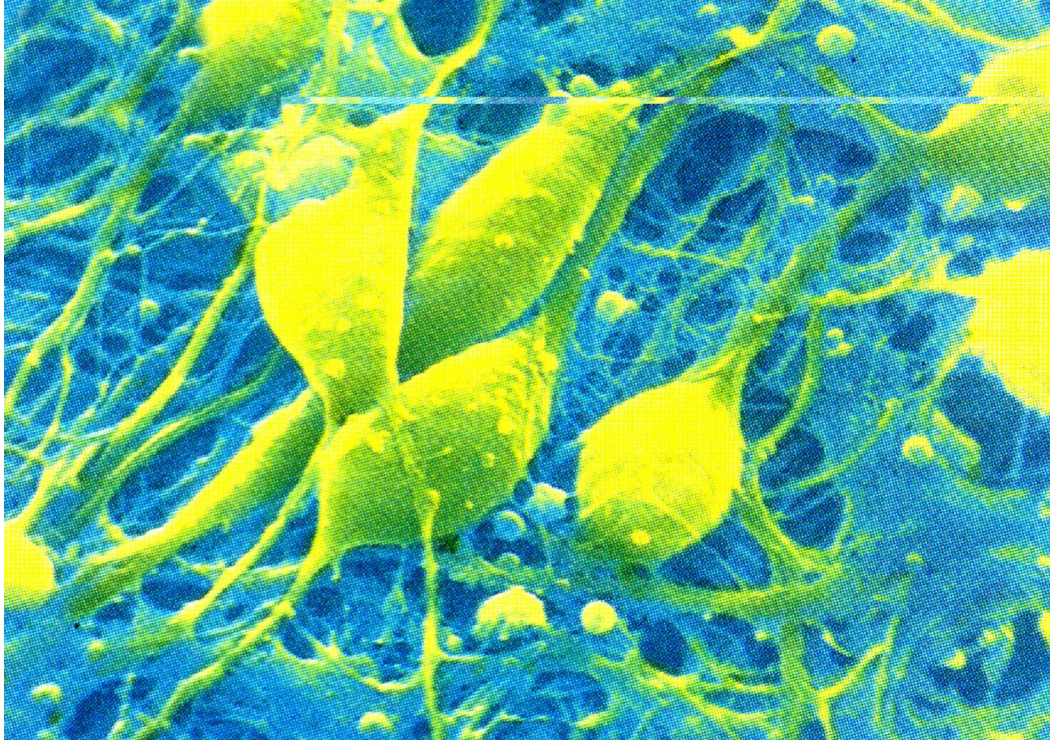



그림 2-2. 사람의 신경세포(조직배양물사진)

세포가 여러가지 모양을 가지게 되는 리유는 무엇인가를 례를 들어 증명하여라.

해보기

세포의 여러가지 모양을 관찰하자면 어떻게 하여야 하는가? 2가지이상의 세포모양을 현미경으로 관찰하고 그림그려라.

세포의 발견과 세포설

생물의 몸을 이루는 세포의 크기는 대체로 10～100㎛이다.

그러나 사람의 눈이 두 점사이의 제일 작은 거리를 갈라볼수 있는 능력(분해능)은 100㎛정도밖에 안된다. 그러므로 세포의 발견은 현미경의 발명력사와 밀접히 관련되여있다.

1665년에 영국학자 로버트 후크는 자기가 만든 광학현미경(확대배률 40～140×)으로 코르크쪼각을 관찰하고 그것이 칸살로 구분된 작은 《방》들로 이루어졌다는것을 처음 발견하였으며 이 작은 《방》들을 세포라고 불렀다. 사실 이때 그가 관찰한 세포는 죽은 세포였으며 칸살들은 세포의 제일 밖에 있는 세포벽이였다. 그러나 이 발견은 생물학의 발전에서 매우 중요한것이였다.

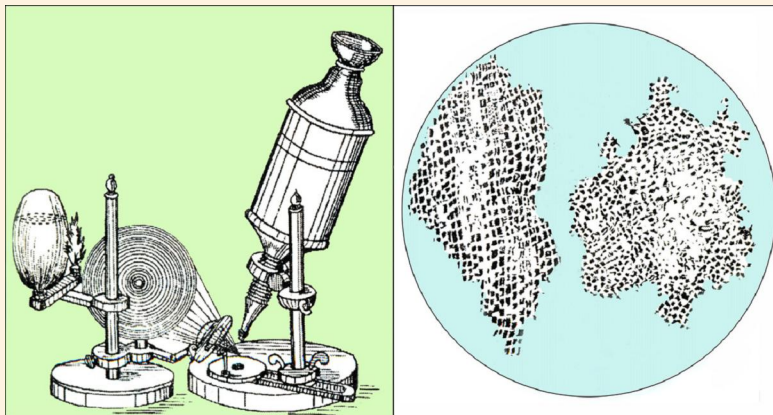



그림 2-3. 로버트 후크가 만든 현미경과 처음 발견한 세포

산 세포를 처음으로 관찰한 학자는 네데를란드의 레웬후끄이다. 그는 1677년에 자기가 만든 높은 배률의 확대경으로 원생동물, 정자, 붉은피알의 핵을 관찰하였고 1683년에는 세균을 관찰하였다. 그후 확대배률이 270×이고 분해능이 1～4㎛인 현미경을 만들었다.

19세기 30년대에 현미경제작기술이 발전하고 표본을 얇게 만들수 있는 기구가 만들어지면서 세포에 대한 연구에서 일정한 전진이 이룩되였다. 1781년에 동물세포에서 핵을 발견하였고 1831년에는 몇가지 식물의 껍질세포에서 핵을 발견하였다.

1838년에 도이췰란드학자 슐라이덴은 관찰자료에 기초하여 모든 식물의 몸은 세포로 이루어졌다는것을 론증하였으며 같은 나라의 학자 슈완은 동물의 몸도 세포로 이루어졌다는것을 밝혔다. 이 학자들은 세포에 대한 연구자료들을 분석종합하여 1839년말에 《모든 생물의 몸은 세포로 이루어졌고 세포는 생물의 구조와 기능의 기본단위이다.》라는 **세포설**을 제기하였다.

세포설은 그후 생물학의 발전에서 큰 역할을 놀았으며 19세기 자연과학에서의 3대발견의 하나로 인정되였다.

- 세포의 발견은 무엇의 발전과 관련되여있는가, 왜 그런가?
- 세포가 생물의 구조 및 기능의 단위라는것은 무슨 뜻인가?
- 슈완과 슐라이덴의 연구방법에서의 특징은 무엇인가? 도식으로 그려라.

2. 세포의 크기

세포의 크기도 아주 다양하다.

보통은 현미경으로만 볼수 있는 크기이다. 드물게는 맨눈으로 볼수 있는것들도 있다.

세포의 크기는 대체로 10～100㎛이다.

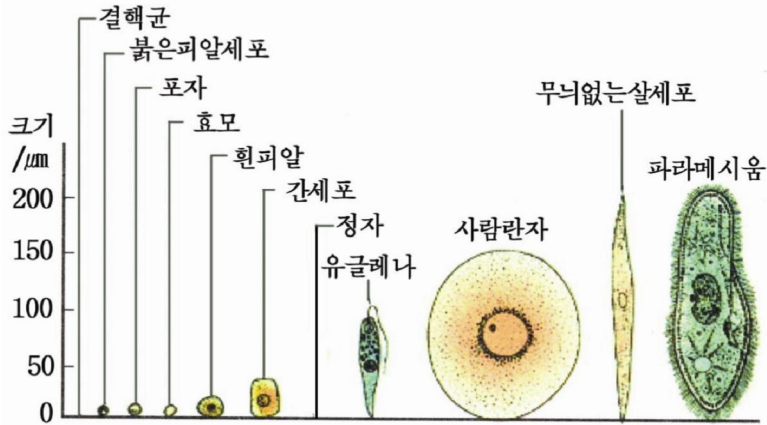



그림 2-4. 세포의 크기

흔히 식물세포보다 동물세포가 더 작다. 보통 동물세포의 크기(직경)는 10～20㎛이다.

세포들가운데서 제일 작은것은 세균이다. 대체로 1～2㎛이다.

생물의 몸을 이루는 세포의 수도 생물의 종류에 따라 서로 다르다.

다세포생물에는 헤아리기 어려울 정도로 많은 수의 세포로 된것들이 있다. 사람의 몸은 10^{13}～10^{14}개의 세포로 이루어졌고 대뇌피질만 해도 약 140억～170억개의 신경세포로 이루어졌다.

이와는 달리 수백개의 세포로 이루어진 비교적 단순한 다세포생물도 있으며 클로렐라, 파라메시움과 같이 한개의 세포로 된 단세포생물도 있다.

○ 같은 생물종에서 몸의 크기가 크거나 작은것이 세포의 크기와 수가운데서 주로 어느것과 관련되여있는가, 왜 그런가?

○ 다음 그림을 보고 세포를 왜 맨눈으로 볼수 없는가를 알아내여라.

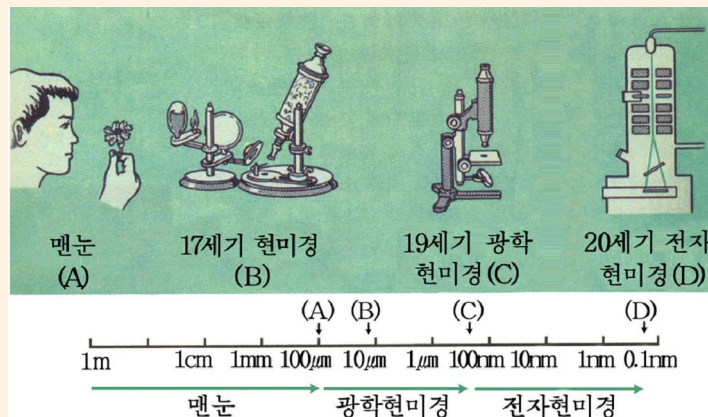



그림 2-5. 여러가지 현미경의 분해능

해보기

양파비늘줄기의 아래부분과 가운데부분의 껍질세포를 벗겨 현미경으로 관찰하고 그 크기를 비교하여라. 크기에서 차이가 있는가, 그 리유는 무엇인가?

문 제

1. 세포에 대한 지식을 왜 많이 쌓아야 하는가?
2. 세포의 모양과 크기가 다양한 원인은 무엇인가?
3. 세포의 크기, 수와 생물체의 나이 및 크기사이에는 어떤 관계가 있는가?
4. 홀로 떨어져있는 세포와 조직을 이루는 세포의 모양이 어떻게 다른가를 그림으로 그려라.

참 고

현미경의 확대원리와 주요성능

일반적으로 볼록렌즈로 물체를 보면 그 물체가 크게 보인다. 광학현미경이 물체를 크게 보이게 하는 원리도 이와 같다. 비록 대안렌즈와 대물렌즈의 구조가 복잡하지만 그것들의 작용은 모두 하나의 볼록렌즈와 같다. 그러므로 1604년에 세계적으로 처음 현미경을 만든 사람도 네데를란드의 안경제작자(한스 쟌센)였다.

전자현미경에서는 광학렌즈가 아니라 전자렌즈를 리용한다. 전자렌즈는 눈에 보이는 물질렌즈가 아니라 특별한 자석 또는 전극이 형성하는 자기마당 또는 전기마당의 일정한 공간이 렌즈의 역할을 하는것이다. 광학현미경에서 빛이 렌즈에 의하여 굴절되여 상을 확대시키는것과 같이 전자현미경에서 광원대신에 쓰는 전자선도 전자렌즈에 의하여 굴절되여 확대된 상을 형성한다.

현미경의 성능은 주로 확대배률과 분해능에 의하여 결정된다.

광학현미경의 확대배률은 대안렌즈와 대물렌즈의 단독배률을 곱한것과 같다. 광학현미경으로는 1 500×정도까지 확대하여 볼수 있다.

전자현미경으로는 50만~100만×까지 확대하여 볼수 있다.

현미경의 가장 중요한 성질은 분해능이다. 분해능은 일반적으로 시각이 클수록 그리고 비치는 빛의 파장이 짧을수록 좋아진다.

현미경은 시각을 크게 하는 작용을 하므로 사람눈의 분해능보다 훨씬 좋은 분해능을 가진다. 보통 쓰는 광학현미경의 분해능은 0.2㎛, 전자현미경의 분해능은 흔히 0.2~0.4nm(1nm=$=10^{-6}$mm$=10^{-9}$m)정도이고 특수한것은 0.1nm이다.

최근 분해능이 50~70nm인 광학현미경이 만들어졌다.

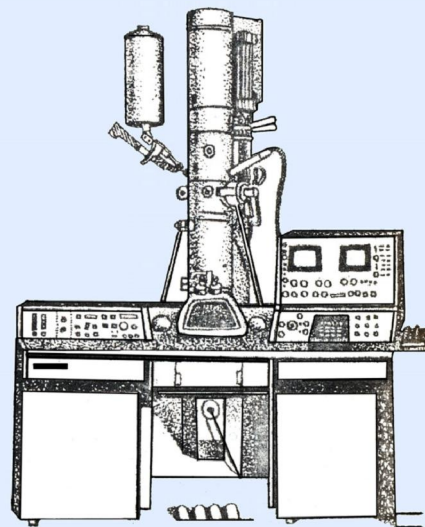



그림 2-6. 전자현미경

제2절. 세포의 구조

·세포를 이루는 주요부분들의 구조와 기능은 무엇인가?

1. 세포의 일반구조

다세포동식물을 비롯한 진정핵생물의 세포를 광학현미경으로 보면 세포막, 세포질, 핵이 보인다. 이것을 **원형질체**라고 부른다. 원형질체는 여러가지 생명현상을 나타내는 산 물질인 원형질로 이루어져있는 세포의 기본부분이다.

세포질속을 더 자세히 보면 비교적 투명한 세포질바탕질(세포질기질)과 일정한 모양과 구조를 가지고 중요한 기능을 수행하는 사립체, 색소체, 골지체와 같은 세포기관들을 볼수 있다. 특히 색소체를 찾아보기 쉽다.

그리고 식물세포에서는 세포막의 바깥에 있는 세포벽이 보인다. 또한 세포질속에서는 액주머니, 농마알갱이, 단백질알갱이, 기름방울도 볼수 있다. 이것들은 원형질의 활동결과에 생긴 후형질이다.

세포를 전자현미경으로 몇만배 또는 몇십만배이상으로 확대하여보면 내질망, 리보체(리보솜)를 비롯한 작은 세포기관들과 구조물들의 미세구조를 찾아낼수 있다.

그림 2-7. 광학현미경으로 본 동식물세포의 구조모형

동물세포

중심체

세포막

미세소관

미세섬유

사립체

골지체

핵소체

물들질

핵막

핵

액주머니

리보솜

내질망

소화체(리조솜)

엽록체

세포벽

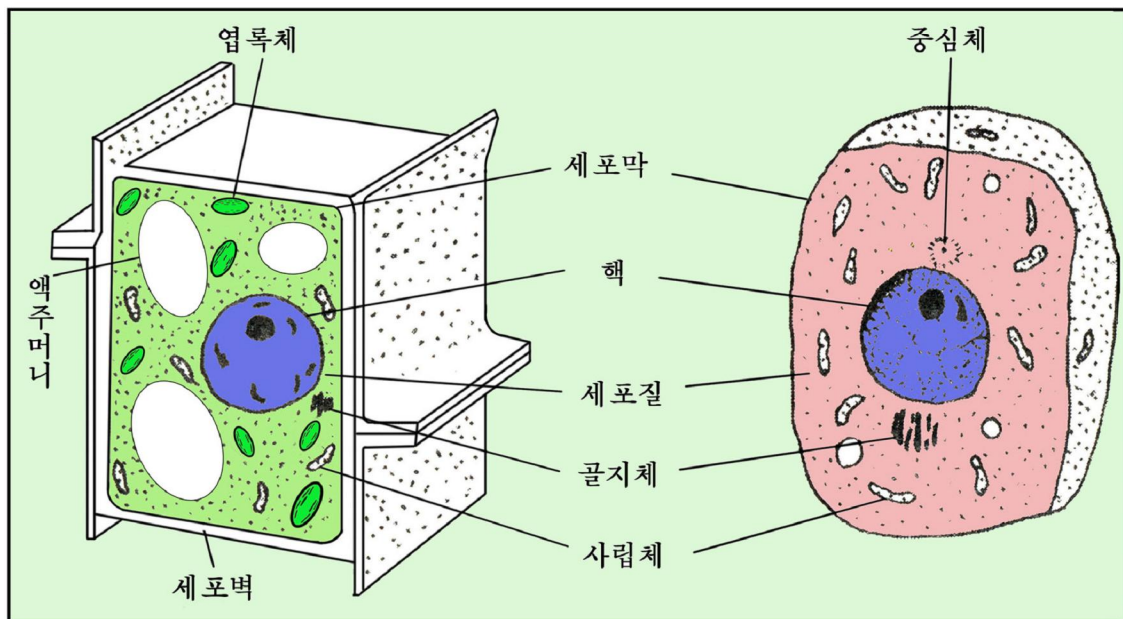
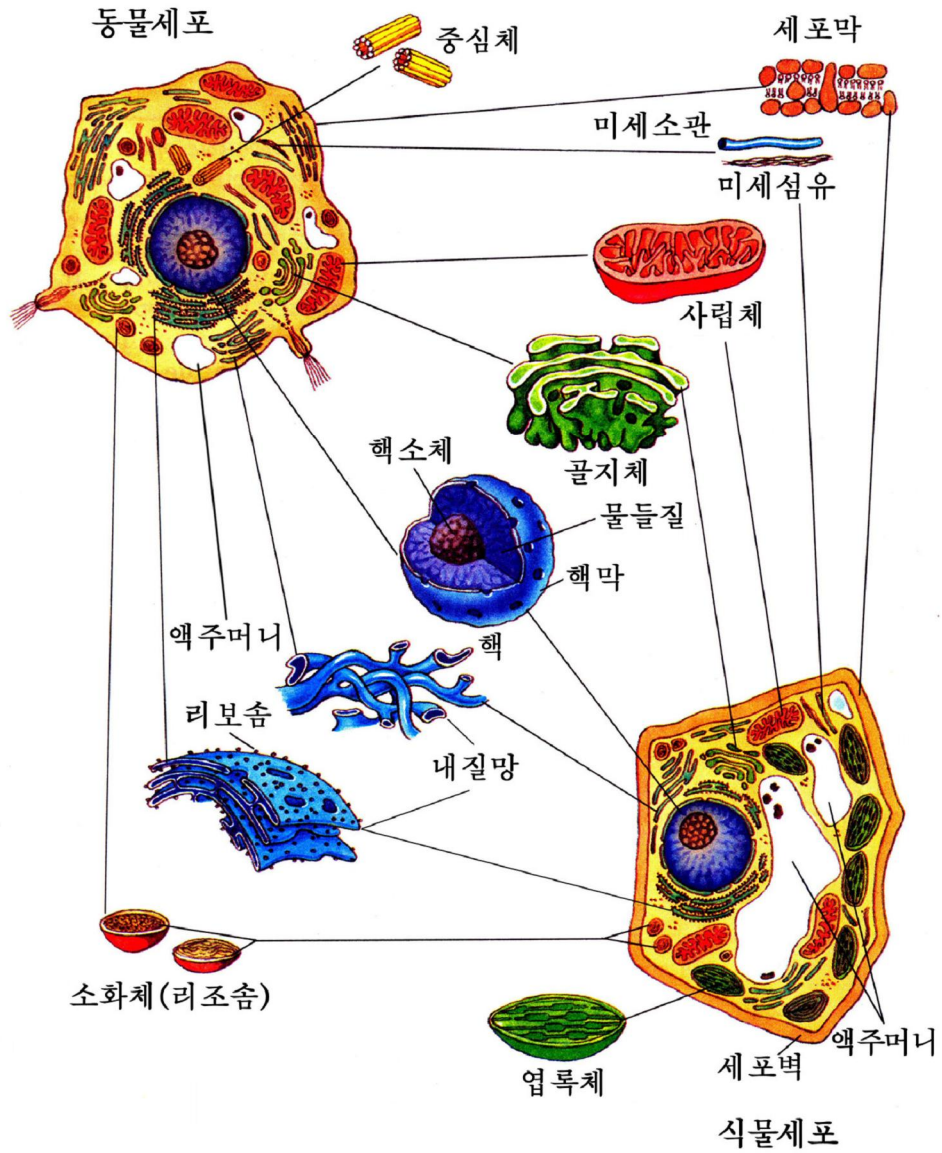
액주머니

식물세포

그림 2-8. 전자현미경으로 본 동식물세포의 구조모형

세포안의 어떤 구조물들을 광학현미경으로 볼수 있는가

세포안의 구조물들가운데서 물들체, 사립체, 중심체, 엽록체와 같은것은 크기가 0.2㎛보다 크다. 그러나 리보체, 내질망의 막, 핵막, 미세소관 등은 0.2㎛보다 작다.

○ 어느것을 광학현미경으로 볼수 있는가, 왜 그런가?

○ 세포의 광학현미경적구조에 대한 그림을 보면서 식물세포와 동물세포구조의 같은 점과 다른 점을 찾아내여라.

○ 세포의 일반적구조를 도식으로 어떻게 그릴수 있는가?

2. 세 포 막

세포의 겉면에는 한층의 얇은 막이 있다. 이것을 **세포막**이라고 부른다. 세포막의 두께는 약 7～10nm이다.

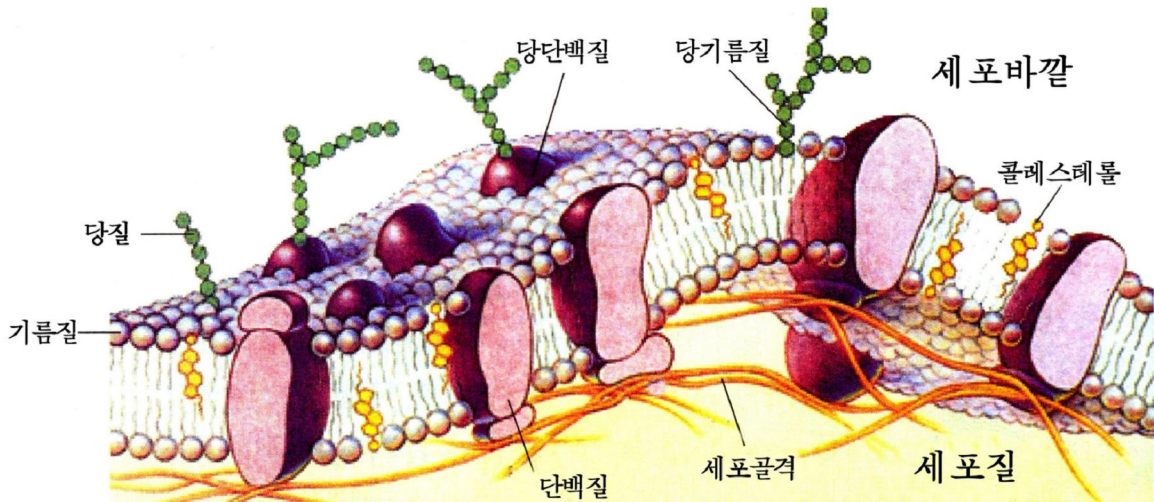



그림 2-9. 세포막의 구조

세포막은 주로 단백질과 기름질로 이루어져있다. 이 물질들은 막의 마른질량의 약 90%를 차지한다. 그밖에 적은 량의 당질이 들어있다. 이 물질들은 일정한 방식으로 결합되여 막을 형성한다.

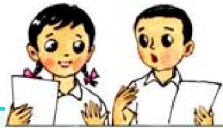
세포막의 안팎은 물환경이므로 기름질분자들은 스스로 2분자층의 안정한 구조를 형성한다. 이때 기름질분자의 물불임성머리부는 막안팎웃쪽겉면에 놓이고 물꺼림성의 기름산꼬리부는 안쪽으로 서로 마주 향하게 놓인다.

막의 단백질분자들은 공모양인데 기름질2분자층의 속과 겉에 군데군데 쪽무이모양으로 분포되여있다.

일부 막단백질과 기름질은 당질과 결합하여 당단백질과 당기름질을 형성하는데 당질사슬은 세포막의 밖으로 향하여 놓인다.

세포막을 이루는 기름질과 단백질은 가만히 있는것이 아니라 흐름성을 가지고 움직인다. 그러므로 세포막은 고체상태와 액체상태사이의 액체결정상태(액정상태)의 구조를 가진다.

세포막의 흐름성은 세포의 여러가지 생리적기능수행에서 매우 중요한 의의를 가진다.

세포막의 흐름성크기는 어떤 물질과 관계되겠는가?

피형과 막의 당질

ABO식피형항원은 사람의 붉은피알세포막에 있는 주요항원의 하나이다. 이 항원은 당기름질로 되여있는데 항원성질을 결정하는 부분 즉 피형을 결정하는 부분은 당질부분이다.

매 사람은 A항원과 B항원가운데서 어느 하나만을 가지든가 혹은 두가지를 다 가질수도 있고 가지지 않을수도 있다. A항원만을 가지고있으면 A형, B항원만을 가지고있으면 B형, A와 B항원을 다 가지고있으면 AB형, A와 B항원을 다 가지고있지 않으면 O형이 된다. O형은 A 및 B항원과는 다른 항원을 가지고있다.

항원의 차이, 피형의 차이는 당질사슬끝에 있는 하나의 당잔기차이에 의하여 결정된다.

항원의 당질사슬끝부분을 비교하면 A형에는 N-아세틸갈락토자민, B형에는 갈락토즈가 있으며 O형에는 이 두가지 당잔기가 다 없다.

○ 피형은 막의 어떤 물질의 무엇과 관련되여있는가?

○ 피형을 개조할수 있겠는가, 개조하려면 어떻게 하여야 하는가?

세포막은 세포의 생명활동에서 중요한 역할을 한다.

세포막은 매개의 세포와 바깥환경을 갈라놓는 경계이고 물질이 자유롭게 드나들지 못하게 하여 안정한 세포안환경을 유지하도록 하며 세포를 보호한다.

또한 세포막에는 효소, 호르몬정보받음체, 항원결합점 및 세포식별과 관련된 부분들이 있어 세포사이정보전달, 물질대사조절, 세포식별 등에서 중요한 역할을 한다.

사람과 동물의 세포들은 막에 있는 특수한 련결장치들에 의하여 서로 련결되여있다.

식물세포에서는 세포막의 바깥쪽에 섬유소와 펙틴질로 된 세포벽이 있어 세포를 더 잘 보호한다.

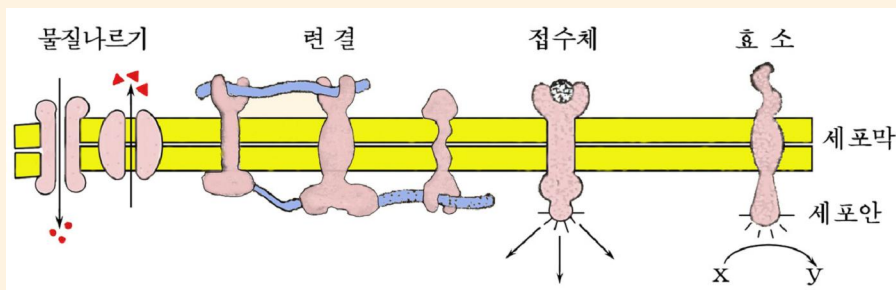



그림 2-10. 막구성부분들의 역할

※ **세포식별**은 세포가 자기와 다른 세포, 세포겉면의 다른 물질을 《인식》하여 가려보는것을 말한다. 많은 중요한 생명활동은 모두 세포의 《인식》능력과 관련되여있다. 례를 들어 단세포생물의 유성생식때의 세포결합, 꽃피는 식물의 암꽃술이 알맞는 꽃가루를 받아서 수정하는것, 면역기능 등은 다 세포의 식별능력에 기초하고있다. 세포의 식별능력은 막에 있는 당단백질과 당기름질을 이루는 당질사슬의 역할과 관련되여있다.

암세포가 끊임없이 분렬증식하는것은 암세포겉면에 있는 당단백질의 당질사슬부분이 변화되고 Ca^{2+}함량이 적어져 세포들사이에 서로 분렬을 억제하는 기능이 없어진것과 관련된다고 본다.

3. 세 포 질

세포핵을 내놓은 세포막안의 전체 부분이 세포질이다.

세포질은 세포질바탕질과 세포기관으로 이루어져있다. 세포기관에는 사립체, 색소체, 내질망, 리보체, 골지체 등이 속한다.

사립체

사립체는 공모양, 짧은 막대기모양, 실모양이다.

직경은 0.5～1㎛, 길이는 1～2㎛정도이다.

사립체는 두겹의 막으로 둘러싸인 주머니모양세포기관이다.

그림 2-11. 사립체의 구조

속막은 안쪽으로 도드라져 주름모양의 돌기를 형성한다.

속막과 주름우에는 많은 버섯모양의 알갱이가 있다.

사립체에는 ATP합성효소를 비롯하여 당질, 기름질, 아미노산산화와 관련된 100가지이상의 효소와 DNA 등이 들어있다.

사립체는 당질, 기름질, 아미노산이 최종적으로 산화되여 에네르기를 내는 장소이다. 사립체는 숨쉬기과정에 나오는 에네르기총량의 50%이상을 ATP로 만들어 에네르기를 축적한다. 세포는 생명활동에 필요한 에네르기의 약 35%를 사립체에서 얻는다. 그러므로 사립체를 《에네르기공장》, 세포숨쉬기 및 에네르기대사의 중심이라고 말할수 있다.

생각하기

사립체의 구조에서 기능에 알맞게 된 점은 무엇인가?

사립체와 건강

세포의 생명활동에서 사립체가 중요한 기능을 수행하므로 사립체가 변화되면 흔히 사람몸의 심장, 힘살, 콩팥, 신경계통 등에 병이 생겨 위험상태에 빠질수 있다.

○ 왜 사립체가 변화되면 사람몸의 이러한 기관, 조직들에서 흔히 병이 생기는가?

색소체

색소체는 식물세포에만 있다. 색소체는 엽록체, 잡색체, 백색체로 나눈다.

엽록체는 잎, 줄기를 비롯한 빛을 받는 풀색을 띤 기관의 세포에만 있다.

엽록체의 모양과 크기는 식물의 종류에 따라 다른데 씨앗식물의 엽록체는 볼록렌즈모양이다. 그것의 직경은 5～10㎛, 두께는 2～3㎛정도이다. 그리고 한개 세포에 10～100개정도 들어있다.

엽록체는 두겹의 막으로 둘러싸여있다. 속막의 안쪽에는 바탕질과 많은 납작한 주머니모양체들이 있다. 일부 주머니모양체들이 겹쌓여 엽록소립을 이룬다. 주머니모양체막에는 풀색의 엽록소를 비롯한 빛합성색소가 들어있다.

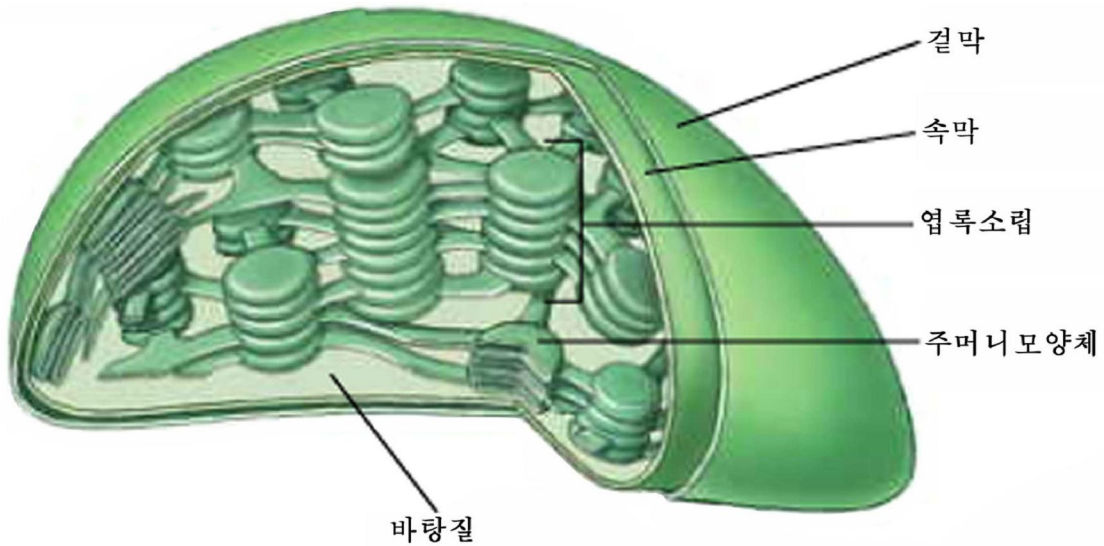



그림 2-12. 엽록체의 구조

엽록체의 구조가 기능에 알맞게 된 점은 무엇인가?

백색체는 둥글거나 방추모양이며 색이 없다. 일반적으로 덩이뿌리, 덩이줄기를 비롯한 식물의 저장조직세포에 있다.

백색체는 흔히 빛합성의 결과 생긴 포도당으로부터 농마를 만들어 저장한다.

잡색체는 꽃과 열매를 비롯한 식물의 여러 기관의 세포속에 들어있다. 노란색, 붉은색을 비롯한 여러가지 색을 내는 색소들이 있다.

엽록체, 잡색체, 백색체들은 서로 전환될수 있다.

생각하기

○ 사과가 풀색으로부터 붉은색으로 변하는것은 무엇때문인가?

○ 식물의 잎이 늙거나 불리한 조건에 놓일 때 누렇게 되는것은 주로 무엇때문인가, 잎이 오래동안 풀색을 띠도록 하는것은 농업생산실천에서 어떤 의의가 있는가?

리보체

리보체는 직경이 17～23nm정도 되는 매우 작은 알갱이이다.

리보체는 한개 세포에 수백만개 들어있다. 핵막과 내질망에 붙어있거나 세포질에 흩어져있다. 엽록체와 사립체에도 있다.

리보체는 RNA와 단백질로 이루어져있다. 매개의 리보체는 큰 아단위 1개와 작은 아단위 1개로 이루어져있다.

리보체에서는 아미노산을 재료로 단백질이 합성된다. 그러므로 리보체를 《단백질공장》이라고 말할수 있다.

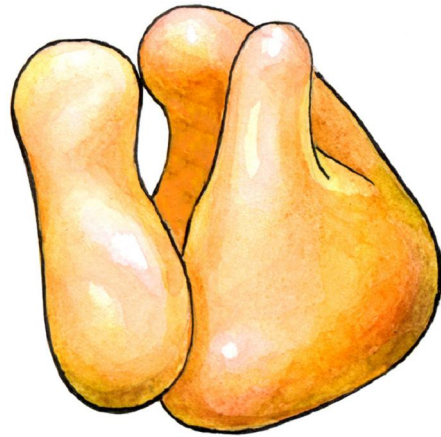



그림 2-13. 리보체

내질망

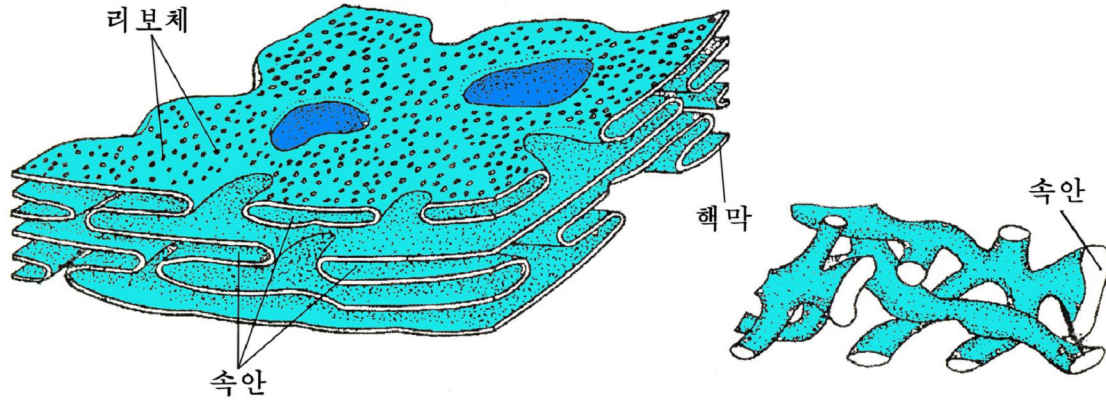
내질망은 막으로 둘러싸인 관모양 또는 납작한 주머니모양의 구조물이다. 서로 련결되여 그물모양을 이룬다.

내질망에는 막겉면에 리보체가 붙어있는것도 있고 없는것도 있다. 그리고 내질망에는 RNA와 여러가지 효소가 들어있다.

내질망에는 리보체가 있으므로 여기서 단백질 특히 분비단백질을 합성한다. 례를 들어 피진단백질, 글로불린, 인슐린은 주로 여기에서 합성된다. 당질, 기름질도 합성된다.

내질망은 핵과 세포기관, 세포막 그리고 세포사이를 서로 련결시켜준다. 그러므로 물질운반, 정보전달에서 큰 역할을 한다.

그림 2-14. 내질망

골지체

이딸리아의 학자 골지는 1898년에 동물의 신경세포에서 처음으로 둥글납작한 주머니들이 모여 이루어진 작은 세포기관을 발견하였다. 그후 많은 학자들이 같은 구조물을 발견하고 거기에 처음 연구한 학자의 이름을 붙여 골지체라고 부르게 되였다.

골지체는 거의 모든 동식물세포에 들어있다. 물질을 저장하고 분비하는데 참가한다. 그러므로 분비활동이 왕성한 세포에 많다.

중심체

중심체는 대부분의 동물세포와 일부 식물세포의 핵가까이에 놓여있다. 중심체는 2개의 중심소체로 이루어져있다.

세포분렬이 시작되면 두 중심소체는 갈라져 세포의 두 극으로 옮겨간다. 중심체는 물들체의 이동에 참가한다.

소화체(리조솜)

소화체는 동식물세포에 다 있다. 직경이 0.5㎛정도 되는 작은 주머니모양이다.

소화체에는 여러가지 물분해효소들이 들어있어 단백질, 핵산, 다당류 등 세포의 저장물질을 분해한다.

또한 세포에서 손상되거나 기능을 잃은 세포구조물들의 쪼각을 분해하여 세포가 다시 리용하게 한다. 그러므로 소화체는 세포안에 있는 《소화기관》이라고 말할 수 있다.

세포골격

세포골격은 단백질섬유로 된 세포안의 《골격》이다. 세포골격은 미세소관, 미세섬유 등으로 이루어져있다.

세포골격은 세포의 모양을 일정하게 유지하는데 참가한다. 이와 함께 여러가지 세포기관들이 일정한 위치에 놓이게 하며 세포안에서 진행되는 화학반응들이 질서있게 진행되도록 하는데서 중요한 역할을 한다. 그리고 세포골격에서 단백질섬유의 분포와 배렬의 변화는 세포질의 흐름, 엽록체이동, 물질운반, 세포분렬, 세포먹기작용 등에 직접적인 영향을 준다.

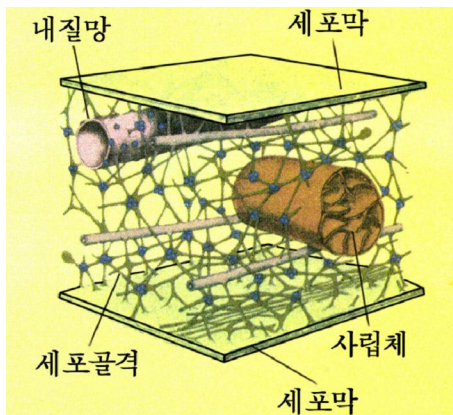



그림 2-15. 세포골격

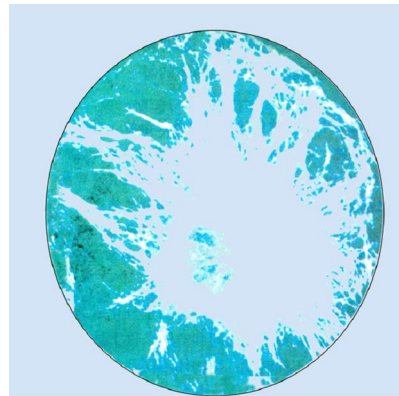



그림 2-16. 한개 세포에서 미세소관의 분포(사진)

액주머니

액주머니는 동식물세포에 다 있다. 이것은 원형질의 활동결과에 생긴 세포기관(후형질성세포기관)이다. 특히 식물세포의 액주머니에는 무기염류, 당질, 기름질, 단백질, 효소, 떫은 맛을 주는 탄닌, 색소 등이 들어있는 세포액이 차있다.

다 자란 식물세포의 액주머니는 아주 큰데 세포체적의 90%정도를 차지한다.

동물세포의 액주머니는 비교적 작다.

그림 2-17. 액주머니의 자라기(1～5 는 자라기순서)

액주머니는 일정한 삼투압을 가지고 물을 흡수하여 식물세포의 모양이 유지되게 한다. 또한 여러가지 물질을 저장하는 역할도 한다.

례를 들어 사탕무우의 사탕은 액주머니에 저장된것이며 여러가지 꽃의 색은 색소가 꽃잎세포의 액주머니에서 농축된 결과 나타난다.

액주머니속에는 여러가지 물분해효소들도 있어 파괴된 세포기관의 분해, 독성물질대사산물의 분해 등에 참가한다.

세포질바탕질

세포질에서 세포기관을 내놓은 류동성을 가진 나머지부분이 세포질바탕질이다.

세포질바탕질에는 물, 무기염류, 효소를 비롯한 여러가지 단백질, 핵산, 당질, 기름질 등이 들어있다. 특히 세포의 20～25%의 단백질이 여기에 있다.

세포질바탕질에서는 물질대사를 비롯한 중요한 생명활동이 진행된다.

생각하기

○ 세포기관들가운데서 막으로 둘러싸인 세포기관들에는 어떤것들이 있는가?

○ 세포기관들가운데서 물질의 합성, 분해와 관련된 세포기관들은 각각 어떤것들인가?

해보기

감자덩이줄기를 재료로 세포속의 농마알갱이를 알아보는 실험을 설계하고 해보아라.

4. 세 포 핵

진정핵생물세포에는 보통 1개의 핵이 있다. 핵은 흔히 길둥근모양, 공모양, 렌즈모양이다. 핵의 직경은 5㎛정도이다.

핵은 핵막, 핵소체, 물들질(물들체), 핵질로 이루어져있다. 핵은 주로 핵산과 단백질로 되여있다.

핵은 물들체에 DNA의 형태로 유전정보를 가지고있다. 이 유전정보에 따라 대잇기, 물질대사를 비롯한 생명활동이 진행된다. 그러므로 핵은 세포의 유전정보창고, 생명활동조절중심이라고 말할수 있다.

클론양《돌리》

영국의 학자들은 3마리의 어미양을 가지고 다음과 같이 실험하여 1997년에 처음으로 클론양을 얻었다.

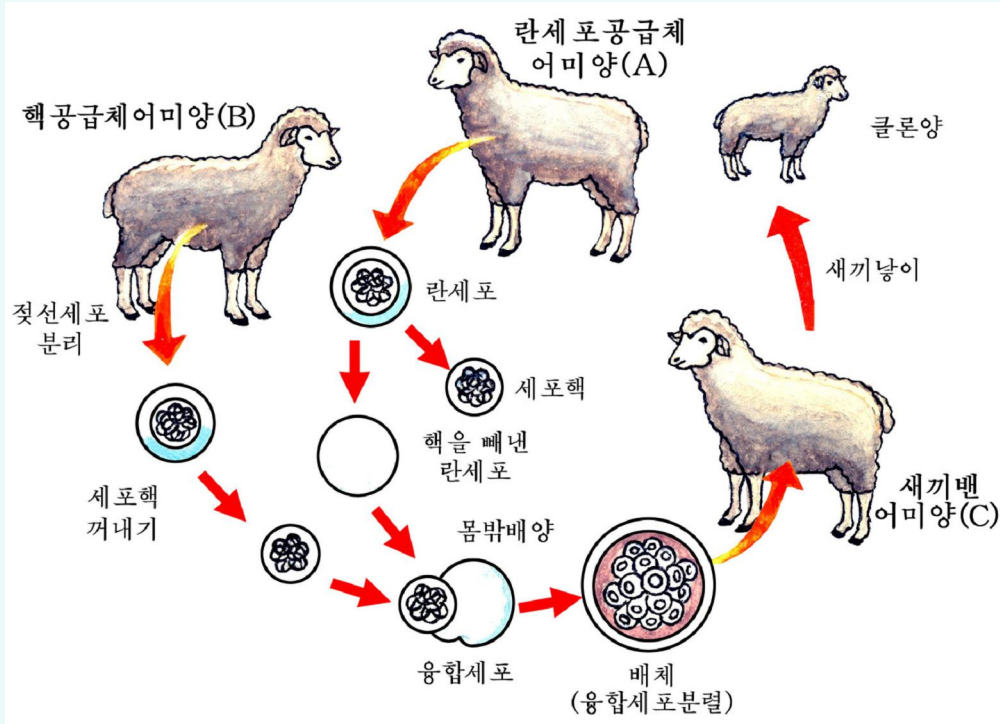



그림 2-18. 클론양《돌리》의 만들기공정

먼저 A양 란세포의 핵을 꺼내여버리고 B양의 젖선세포의 핵을 취하여 A양의 무핵란세포에 넣어 B양의 세포핵을 가진 융합란세포를 얻었다.

다음 이 융합란세포를 좀 분렬하게 한 후 C양의 새끼집안에 넣어주어 일정한 기간 자래워 새끼양《돌리》를 낳게 하였다. 새끼양은 자기를 낳은 C양을 닮지 않고 거의 B양을 닮았다.

○《돌리》가 B양을 닮은 원인은 무엇인가, 이것을 통하여 무엇을 알수 있는가?

핵막

핵막은 두겹의 막으로 이루어져있다. 여기에는 수많은 구멍들이 있다. 이 핵막구멍을 거쳐 핵안과 세포질이 통한다.

그러므로 핵막구멍은 물질수송통로의 역할을 한다. 물질대사가 왕성한 세포에 핵막구멍이 더 많다.

핵소체

광학현미경으로 핵안을 구체적으로 보면 1개 또는 몇개의 둥그스름한 알갱이를 찾아낼수 있다. 그것이 핵소체이다.

핵소체는 리보체형성과 관련되여있다. 생리활동이 왕성한 세포 례를 들어 분비세포, 식물분렬조직세포 및 종양세포에서 핵소체가 아주 크고 정자, 식물잠자기세포에서는 핵소체가 매우 작다.

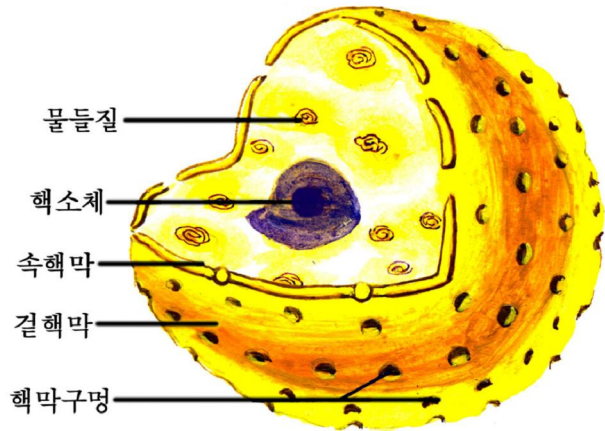
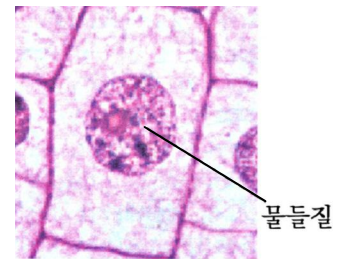



그림 2-19. 핵의 구조

생리활동이 왕성한 세포에서 핵소체가 큰 리유는 무엇인가?

물들질

겐티아나보라, 초산카민 등 염기성색소로 분렬되지 않은 시기의 세포를 물들이면 핵안의 대부분물질이 비교적 진하게 물든다. 이것이 바로 물들질이다. 물들질은 가는 실모양을 하고있다.

세포분렬할 때 물들질은 고도로 꼬이고 꼬여서 짧고 굵은 막대기모양으로 되는데 이것을 **물들체**라고 부른다.

물들질과 물들체의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

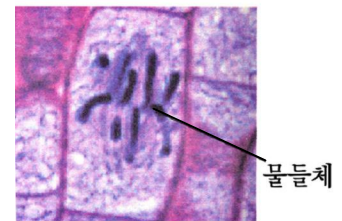



그림 2-20. 물들질과 물들체

물들질은 DNA, RNA, 단백질 등으로 이루어져있다.

물들질을 이루는 기본구조단위는 DNA와 단백질(히스톤단백질)로 된 알갱이모양의 누클레오솜이다.

물들체에는 세포분렬때 방추사가 붙는 부분인 알갱이모양의 동원체가 있다.

물들체의 크기는 생물의 종류에 따라 다르다. 대체로 길이는 0.2~50㎛, 직경은 0.2~3㎛이다. 사람물들체의 길이는 1.5~10㎛이다. 큰 물들체는 초파리침선물들체인데 그 길이는 400㎛정도나 된다.

모든 생물종은 매개 세포에 자기 종의 고유한 물들체수를 가지고있다. 례를 들어 벼는 24개, 강냉이는 20개, 감자는 40개, 토끼는 44개, 사람은 46개의 물들체를 가지고있다.

그러므로 세포의 물들체수와 형태적특징은 종을 가려보는 주요징표로 된다.

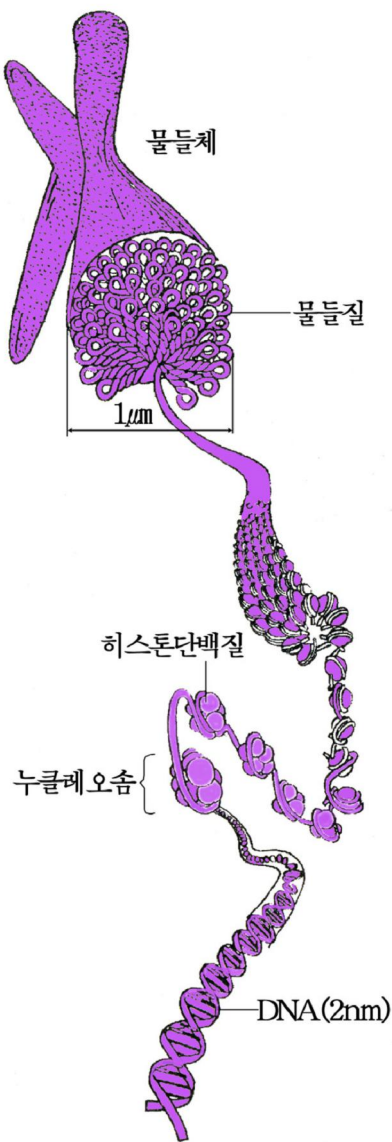



그림 2-21. 물들질로부터 물들체로 되는 과정

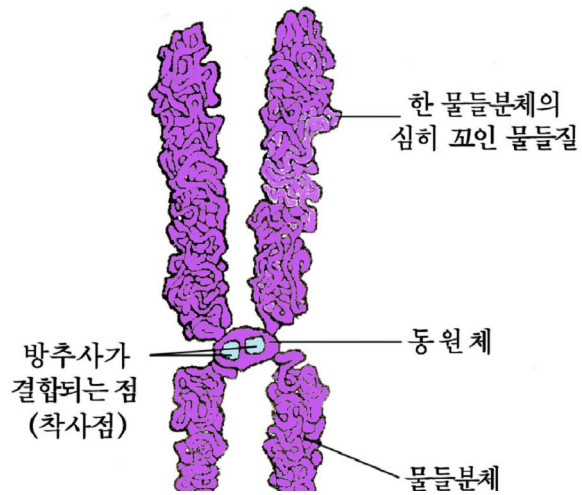



그림 2-22. 물들체의 동원체

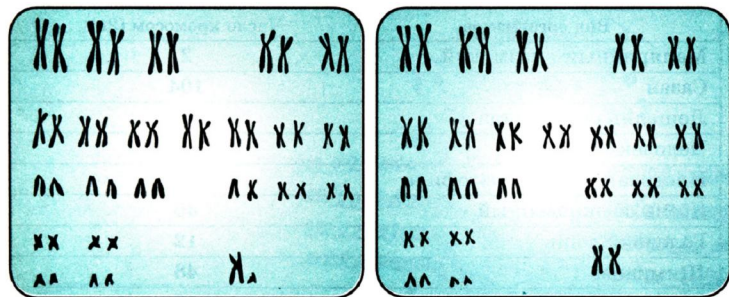



그림 2-23. 사람몸세포의 물들체

핵질

핵질은 핵에서 물들지 않거나 약하게 물드는 부분이다. 단백질섬유로 된 그물과 그안에 차있는 액체로 되여있다.

핵질은 핵의 골격으로서의 역할을 한다. 즉 그우에 물들질과 핵소체가 놓인다.

핵질은 핵안에서 여러가지 물질대사가 진행되는 장소로도 된다.

1. 광학현미경으로 본 동식물세포의 구조를 그림으로 그리고 같은 점과 다른 점을 찾아내여라.
2. 세포막의 구조에서 기능에 알맞게 된 점은 무엇인가?
3. 다음의 세포구조물과 그것이 수행하는 기능을 알맞는것끼리 서로서로 련결하고 그러한 기능을 수행할수 있는 구조적특성을 말하여라.

세포막	단백질합성공장
엽록체	유전정보창고
사립체	물들체의 이동에 참가
핵	빛합성
리보체	에네르기생산 및 공급
중심체	물질나들기조절

4. 전자현미경으로 본 핵의 구조에 대한 그림을 그리고 매 부분에 그것의 이름과 기능을 써넣어라.
5. 다음의 밑줄을 그은 부분에 알맞는 내용을 써넣어라.
   ① 세포막에 있는 기름질은 ＿＿＿＿＿＿을 만들며 거기에 단백질분자들이 ＿＿＿＿＿ 모양으로 분포되여 막을 형성한다.
   ② 사립체, ＿＿＿＿, ＿＿＿＿, ＿＿＿＿ 등은 막으로 둘러싸인 세포기관이다.
   ③ 물들질과 ＿＿＿＿는 같은 ＿＿＿＿이 ＿＿＿＿ 주기의 ＿＿＿＿단계에서 나타내는 ＿＿＿ 가지 형태이다.
6. 봉선화의 꽃잎을 따서 짓이기고 백반 또는 소금을 섞은 다음 손톱우에 올려놓고 비닐 또는 천으로 싸맨다. 하루밤 지난 다음 비닐 또는 천을 풀어보면 손톱이 곱게 물든다. 어떤 색으로 물들었는가, 이 색소물질은 세포의 어느 부분에 있던것인가?

참 고

암세포

방사선, 자외선과 화학물질, 비루스 등 암을 일으키는 요인의 작용을 받은 후 정상세포는 변화되여 암세포로 될수 있다.

현미경으로 관찰하면 암세포의 체적은 보통 정상세포보다 크다.

물들일 때 암세포의 핵은 정상세포의 핵보다 더 진하게 물들며 핵의 모양은 각이하다. 핵의 크기는 정상세포에서 세포질의 1/5정도이나 암세포에서는 대단히 크며 세포질은 아주 적다. 핵소체는 크고 그 수가 많으며 세포가 무질서하게 배렬되여 있다.

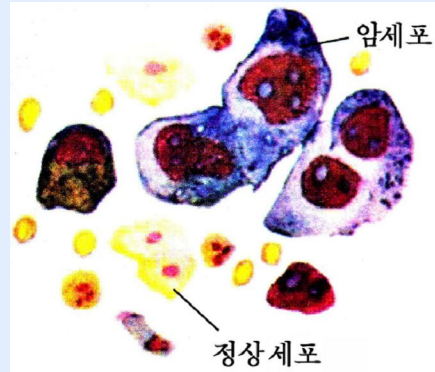



그림 2-24. 페암환자의 암세포

정상세포가 암세포로 되면 형태와 구조뿐아니라 물질 및 에네르기대사에서도 뚜렷한 변화가 일어난다. 례를 들어 무산소숨쉬기가 왕성하게 진행되여 에네르기원이 막대하게 소비된다.

또한 암조직에서는 한창 분렬되고있는 세포가 아주 높은 비률을 차지하므로 종양(혹)이 커지고 린접한 기관들에 장애를 줄수 있으며 피줄 또는 림파관을 통하여 다른 기관, 조직에 전이될수 있다.

암세포는 몸에서 많은 량의 영양물질을 소비하고 독성물질을 형성하므로 환자는 극도로 쇠약해지고 나중에는 생명을 잃게 된다.

통계자료에 의하면 세계적으로 매해 약 700만명에 달하는 사람들이 여러가지 암에 걸려 생명을 잃고있다. 많은 나라들에서 암은 이미 심장혈관계통질병 다음의 사망원인으로 되고있다.

암을 예방하자면 담배를 피우지 말고 술을 적게 마시며 식생활을 잘 조직하고 지나친 일광욕을 피하며 운동을 정상적으로 하여야 한다.

세포의 구조

준비

양파의 비늘줄기, 현미경, 받침유리, 덮개유리, 핀세트, 스포이드, 샤레, 해부바늘, 안전면도날, 중성적(1:1 000용액), 물, 흡수종이

방법

1) 현미경함에서 현미경을 꺼내여 관찰준비를 한다.

2) 양파비늘줄기의 마른 비늘잎부분을 벗겨버리고 생생한 비늘잎을 안전면도날로 5mm×5mm정도로 베여놓은 다음 핀세트로 집어 얇은 흰걸껍질부분을 조심히 벗긴다.

3) 얇은 흰걸껍질을 이미 스포이드로 물 한방울 떨군 받침유리우에 놓고 덮개유리를 덮는다.

4) 현미경의 낮은 배률로 보면서 세포의 중심부와 세포벽가까이에서 핵을 찾는다.

5) 만든 표본을 현미경의 높은 배률에서 관찰한다.

㉠ 집광기를 돌리고 홍채조임을 좁혀서 시야를 조금 어둡게 한다.

㉡ 작은 조절나사로 초점을 조절하면서 핵과 세포벽사이에서 희미하게 보이는 좁은 띠모양의 구조물을 찾아낸다.

㉢ 흡수종이로 받침유리와 덮개유리사이의 물을 빨아낸다.

㉣ 받침유리와 덮개유리사이의 짬으로 스포이드로 중성적 한방울을 들여보내여 표본을 물들이고 분홍색의 주머니모양의 구조물을 찾아낸다.

분석과 토론

○ 세포안에서 어둡고 둥글게 보이는 구조물의 이름과 그것의 기능은 무엇인가?

○ 좁은 띠모양구조물의 이름과 그것의 기능은 무엇인가?

○ 분홍색으로 물든 구조물의 이름과 그것의 기능은 무엇인가?

결과처리

현미경에서 본 양파껍질세포의 구조를 그림으로 그리고 매 부분에 이름을 적어넣는다.

제 3 절. 세포에서의 물질나들기

· 생체막을 통한 물질나들기에는 어떤 방식들이 있으며 그것들은 각각 어떤 물림새에 의하여 진행되는가?

세포에서 생명활동이 제대로 진행되자면 세포와 바깥환경 그리고 세포구조물들에서 물질이 끊임없이 드나들어야 한다. 여기서 세포막, 핵막, 내질망의 막을 비롯하여 같은 구조를 가진 원형질막 즉 **생체막**이 중요한 역할을 한다.

생체막을 통한 물질나들기는 여러가지 방식과 물림새에 의하여 진행된다.

1. 확산과 삼투

일반적으로 물질은 물에 풀린 상태로 세포안팎을 드나든다.

보통 확산과 삼투의 방법으로 진행된다.

산 세포의 세포막은 반투막에 가깝다. 그러므로 세포를 물이나 용액속에 넣으면 삼투현상이 일어나며 이때 세포막을 통하여 물이 스며드는 힘은 세포의 삼투압이 클수록 크다.

그리고 일반적으로 삼투압의 크기는 온도가 같을 때 용액의 몰농도에 비례한다.

$P=RTC$ (비전해질인 경우)

여기서 P: 삼투압(kPa)

C: 농도(mol/L)

R: 기체상수(8.2L·kPa/k·mol)

T: 절대온도(k)

그러므로 세포안에 물용해성물질이 많을수록 더 많은 물을 흡수한다.

생각하기

식물세포와 동물세포를 물속에 넣으면 어떻게 되겠는가, 왜 그렇게 되겠는가?

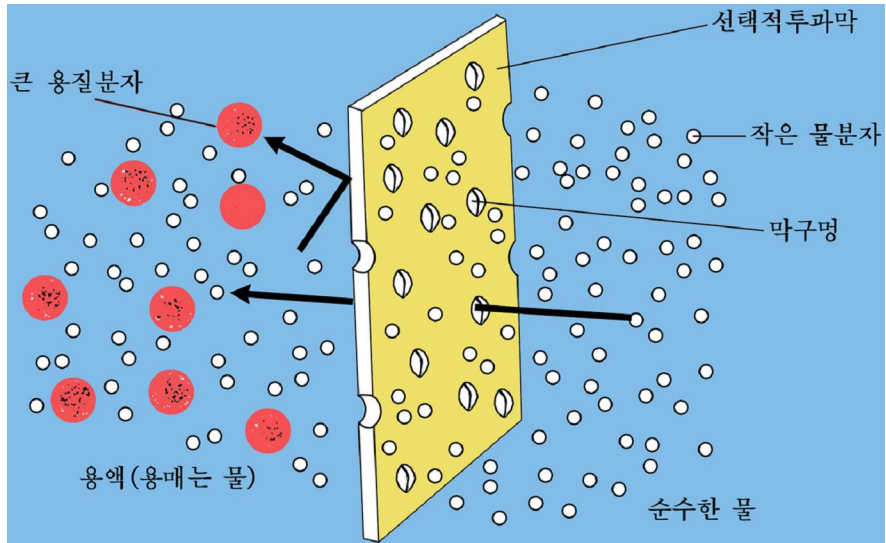



그림 2-25. 세포막을 통한 물의 이동

세포막을 비롯한 생체막이 용질을 전혀 통과시키지 않는 반투막이라면 세포에는 물만 드나들게 될것이다. 이렇게 된다면 세포는 필요한 영양물질을 다 받아들이지 못하여 제대로 살아갈수 없을것이다.

그러나 생체막은 그런 반투막이 아니다. 세포막에는 작은 구멍들이 많이 나있으므로 용질을 어느 정도 통과시킨다. 특히 분자량이 작은 분자들과 O_2, CO_2과 같은 기체들은 확산의 방법으로 쉽게 드나들수 있다. 그리고 기름질에 잘 풀리는 물질들도 세포로 드나들기 쉽다. 그것은 막에 기름질2분자층이 있기때문이다.

또한 세포막에는 물질을 나르는 운반체단백질이 있어 용질이 쉽게 빨리 확산되기도 한다. 례를 들어 포도당, 아미노산 등 분자량이 작은 유기물질들은 막에 있는 운반체단백질과 결합하여 막을 쉽게 통과한다.

세포막을 거쳐 확산과 삼투에 의하여 물질이 드나들 때에는 밖에서 에네르기를 따로 받지 않고 농도차에 따라 저절로 진행된다. 그러므로 **피동나르기**라고 부른다.

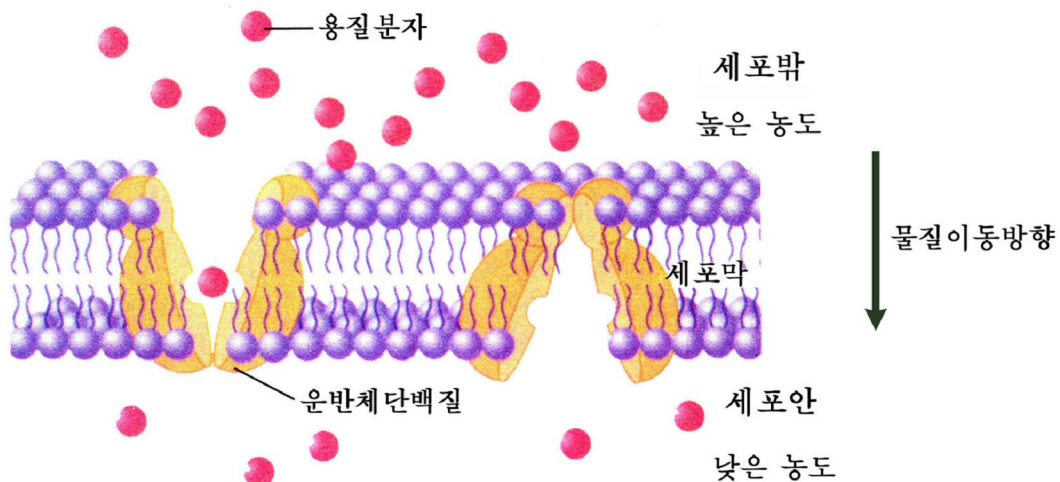



그림 2-26. 운반체에 의한 확산

2. 능동나르기

정상생리조건에서 신경세포, 힘살세포의 K^+농도는 세포밖의 30배정도, 세포밖의 Na^+농도는 세포안에 비하여 13배정도나 높다. 이런 현상은 붉은피알세포에서도 볼수 있다. 그러나 세포는 끊임없이 K^+를 받아들여 축적하고 Na^+는 세포밖으로 내보낸다. 이것은 세포막이 에네르기를 소비하면서 농도차이를 거슬러서 일정한 분자와 이온을 나르는 기능을 수행하기때문이다. 바로 이러한 물질나르기방식을 **능동나르기**라고 부른다.

능동나르기에서는 물뽐프가 물을 낮은데서 높은 곳으로 올리는것과 마찬가지로 에네르기를 소비할뿐아니라 막기름질 2분자층에 끼여있는 단백질분자들이 《뽐프》의 역할을 수행한다.

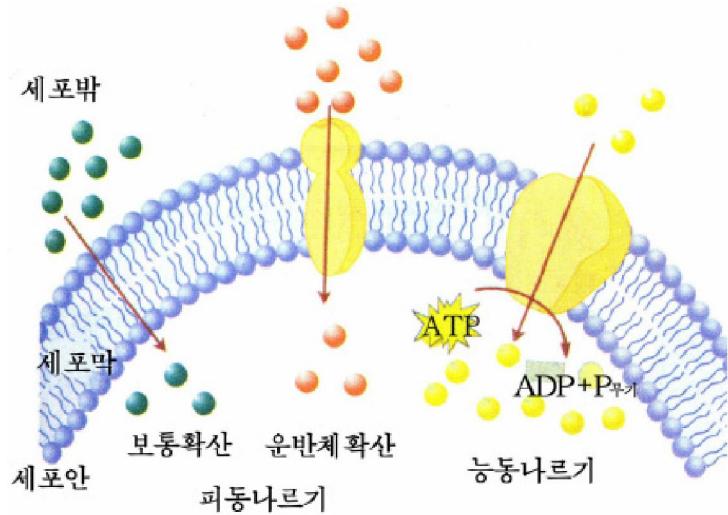



그림 2-28. 피동나르기와 능동나르기의 비교

여기서 《뽐프》는 막에 있는 ATP아제이며 에네르기로는 숨쉬기때 생기는 ATP가 물분해될 때 나오는 에네르기를 쓴다.

능동나르기는 세포에서 물질이 드나드는 중요한 방식으로서 생명활동에 필요한 영양물질을 주동적으로 그리고 선택적으로 흡수하고 해로운 대사산물을 세포밖으로 내보내는데서 큰 의의를 가진다.

생각하기

○ 피동나르기와 능동나르기의 다른 점과 같은 점은 무엇인가?

○ 사람의 소장상피세포에서는 어떤 방식으로 포도당, 아미노산 등을 흡수하는가, 왜 그런가?

3. 세포의 먹기와 마시기

일부 세포는 물에 풀린 물질뿐아니라 비교적 큰 알갱이들도 받아들일수 있다. 례를 들어 아메바나 흰피알세포는 먹이를 비롯한 물질들을 둘러싸서 통채로 세포안에 끌어들인다. 그것의 소화는 소화체에 의하여 진행된다.

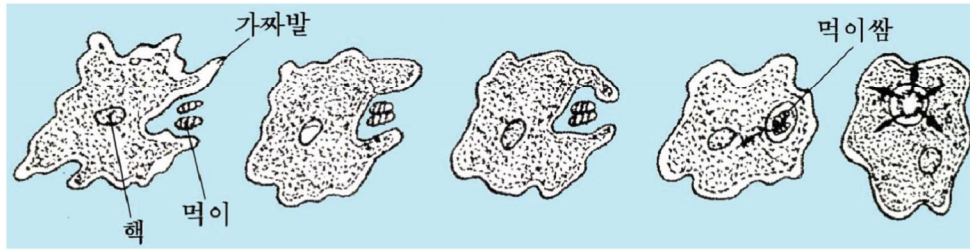



그림 2-29. 아메바의 먹기작용

이때 받아들이는 물질이 고체상태의 물질인 경우에는 **세포먹기**, 액체상태의 물질인 경우에는 **세포마시기**라고 부른다. 세포의 먹기와 마시기에도 에네르기가 쓰인다.

세포먹기와 마시기는 세포의 영양과 방어기능수행에서 중요한 의의를 가진다.

생각하기

다음의 그림을 보고 흰피알의 세균먹기과정을 생각하고 설명하여라.

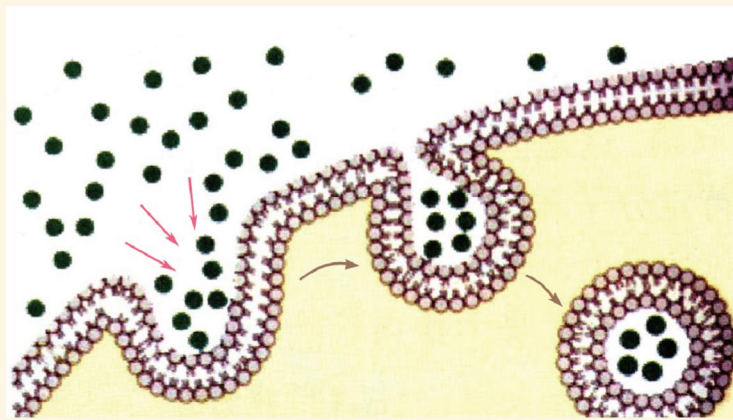



그림 2-30. 세포먹기과정

문 제

1. 농작물을 기를 때 비료주기와 물주기를 잘 배합해야 하는 리유는 무엇인가?
2. 세포막에서의 확산현상이 물면에서의 확산과 어떻게 다른가?
3. 능동나르기는 어떻게 진행되는가?

이온뽐프

생체막에는 Na^+, K^+, Ca^{2+} 등의 능동나르기에 참가하는 이온뽐프가 있다. 이온뽐프는 본질에 있어서 막에 있는 ATP물분해효소(ATP아제)이다.

례를 들어 세포안에 있는 Na^+를 밖으로 퍼내고 세포밖에 있는 K^+를 세포안으로 퍼들이는 Na^+/K^+뽐프는 Na^+와 K^+가 있어야만 활성을 나타내는 ($Na^+ + K^+$)-ATP아제이다. 이 효소의 작용에는 방향성이 있는데 막바깥쪽에서는 K^+붙임성을 가지고 막안쪽에서는 Na^+붙임성을 가진다. 그러므로 막바깥쪽에서는 Na^+가 많아도 K^+와 결합하여 활성을 나타내며 막안쪽에서는 K^+가 많아도 Na^+와 결합하여 활성을 나타낸다. 그리하여 ATP가 물분해될 때 나오는 에네르기를 리용하여 K^+는 세포안으로 퍼들이고 Na^+는 세포밖으로 퍼낸다. 붉은피알세포막에는 이런 뽐프가 약 250개 있다.

【실험】 식물세포바깥용액의 농도와 원형질분리의 관계

준비

양파 또는 파, 눈금피페트, 안전면도날, 해부바늘, 핀세트, 샤레 또는 시계접시, 받침유리, 덮개유리, 삼각플라스크 또는 비커, 현미경, 눈금실린더, 스포이드, 려과종이, 마지크, 1mol/L NaCl용액, 증류수 또는 물

방법

1) 1mol/L NaCl용액으로 각각 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mol/L의 NaCl용액을 만들고 그것을 각각 서로 다른 삼각플라스크에 넣은 다음 마지크로 농도를 표시한다.

2) 양파의 마른 비늘잎을 벗겨버리고 생생한 비늘잎을 안전면도날로 5mm×5mm의 크기로 베여놓는다. 베여놓은 한쪽모서리를 해부바늘로 들추어놓고 핀세트로 흰색의 걸껍질을 집어 천천히 벗겨낸다. 이런 걸껍질쪼각을 여러개 만들어 물이 있는 샤레에 넣는다. ①

3) 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mol/L의 NaCl용액을 각각 15～20mL씩 서로 다른 샤레에 넣는다.

4) 만든 겉껍질쪼각을 물이 든 샤레에서 핀세트로 꺼내여 겉면의 물기를 려과종이로 없앤 다음 실험방법 3)에서 준비한 샤레에 각각 3개이상씩 5분사이를 두고 차례로 넣는다.

5) 0.5mol/L NaCl용액이 든 샤레에 마지막 겉껍질쪼각을 넣은 다음 처음에 넣은 쪼각부터 5분사이를 두고 꺼내여 차례로 현미경으로 관찰하면서 원형질이 세포벽에서 떨어진것과 떨어지지 않은것을 가려낸다. ②

6) 원형질분리가 일어난 재료가 있는 덮개유리밑에 스포이드로 물을 조금 넣어주고 현미경으로 관찰한다.

분석과 토론

○ 어느 농도의 소금용액에서 원형질분리가 일어났는가?

○ 원형질분리정도와 소금용액의 농도사이에는 어떤 관계가 있는가?

○ 실험방법 6)에서는 어떤 현상이 나타났으며 그 리유는 무엇인가?

○ 세포의 삼투압을 계산하려면 어떻게 하여야 하는가?

○ 동물세포나 사람의 붉은피알세포를 우와 같은 소금용액속에 넣으면 어떤 현상이 나타나겠는가, 왜 그런가?

○ 같은 농도의 소금용액속에서는 모든 식물세포들이 같은 정도로 원형질분리되겠는가, 왜 그런가?

○ 려과종이로 껍질쪼각겉면의 물기를 빨아없애는 리유는 무엇인가?

결과처리

관찰한 결과를 그림으로 그리고 나타난 현상의 원인을 밝힌다.

주의할 점

① 겉껍질을 벗길 때 될수록 한층의 세포층만이 벗겨지도록 하여야 한다.

② 시간간격을 꼭같이 보장할수 있도록 조작을 재빨리 하여야 한다.

제4절. 세포분렬

· 몸세포분렬과 감수분렬의 매 단계에서 물들체가 어떻게 움직이며 그 수는 어떻게 변화되는가?

모든 생물의 세포는 갈라지는 방법으로 그 수를 늘인다.

세포수가 늘면 단세포생물에서는 개체수가 늘어나며 다세포생물에서는 개체가 자라게 된다.

세포분렬때에는 핵이 먼저 갈라지고(핵분렬) 뒤따라 세포질이 갈라진다.(세포질분렬)

세포분렬에는 물들체와 방추사와 같은 분렬장치가 생기면서 복잡하게 진행되는 **유사분렬**과 이런 장치가 없이 핵이 먼저 잘룩하게 되여 갈라지고 뒤이어 세포질이 갈라지는 **무사분렬**이 있다.

무사분렬은 사람의 삭뼈세포를 비롯한 특수한 세포, 병든 세포, 원시핵생물세포 같은데서 볼수 있다. 흔히 볼수 있는것은 유사분렬이다. 유사분렬에는 몸을 이루는 세포가 만들어질 때 진행되는 **몸세포분렬**과 정자, 란자와 같은 생식세포가 만들어질 때 진행되는 **감수분렬**이 있다.

1. 몸세포분렬

세포의 분렬과정은 련속되는 과정이다. 이때 나타나는 변화의 특징을 기준으로 크게 두개의 시기 즉 비교적 오래 걸리는 분렬준비시기인 중간기와 짧은 시간에 진행되는 분렬기로 나눈다. 중간기와 분렬기를 합쳐 **세포주기**라고 부른다.

중간기

중간기에는 세포분렬에 필요한 DNA와 RNA, 단백질의 합성이 활발히 진행된다. 특히 물들체를 이루는 DNA의 량이 2배로 늘어난다. 여기에 걸리는 시간은 몸세포분렬보다 감수분렬때 더 많이 든다. 그리고 세포에서의 물질합성과 물들체의 이동에 필요한 에네르기예비의 축적 즉 ATP의 합성이 진행된다.

분렬기

분렬기를 전기, 중기, 후기, 말기로 나눈다.

전기. 핵안에 흩어져있던 실모양의 물들질(물들실)이 타래모양으로 꼬여 짧고 굵어지면서 물들체로 된다.

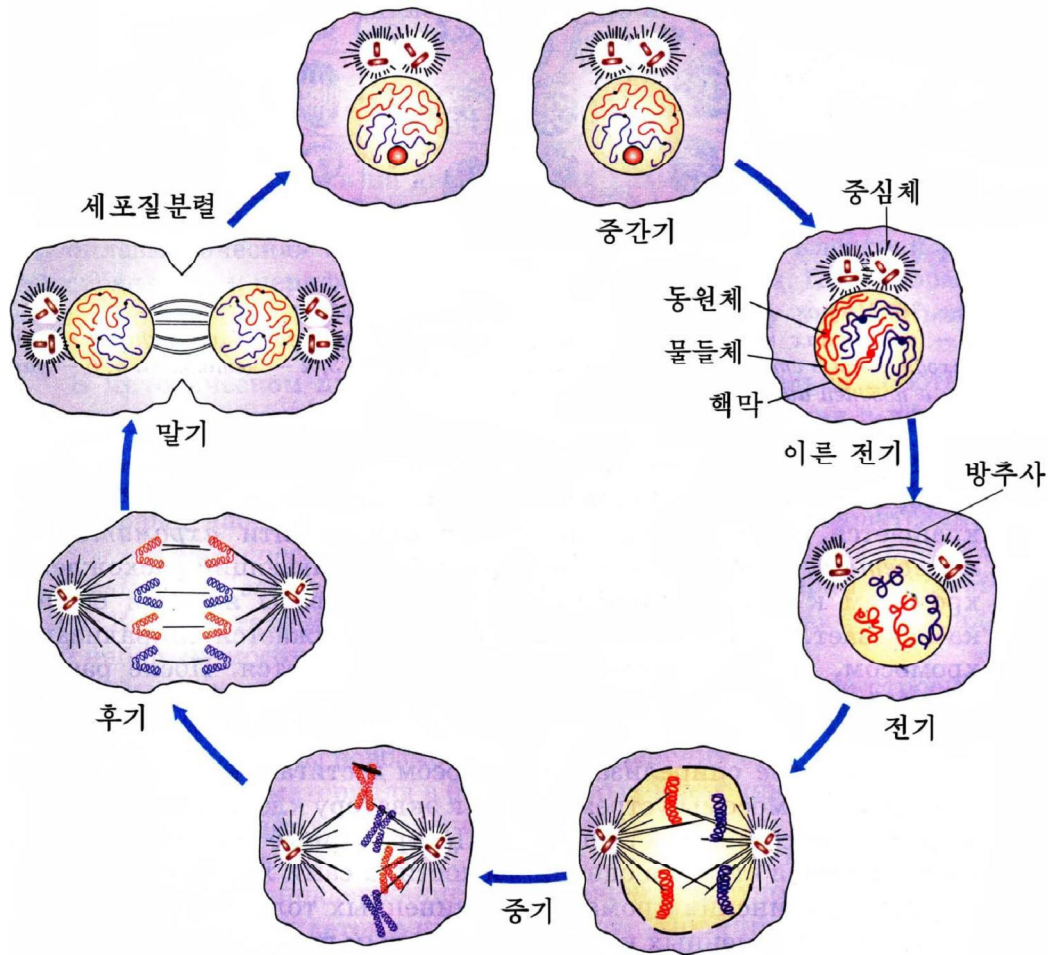



그림 2-31. 몸세포분렬과정

이때 매개의 물들체들은 겉보기에는 1개로 보이지만 이미 세로 갈라져 두개씩의 물들분체로 되여있다.

또한 핵막과 핵소체가 없어지고 방추사가 생기기 시작한다.

중기. 물들체는 꼬임구조가 최대로 발달하여 전형적인 모양을 나타낸다. 방추사가 매 물들체의 동원체에 붙고 물들체들이 세포의 적도면에 모인다.

후기. 매개의 물들체들이 세로 갈라져서 2배로 늘어난 딸물들체들이 방추사에 끌려 두 극으로 이동한다. 결과 꼭같은 수로 나뉘여진다.

딸물들체의 이동속도는 세포의 종류에 따라 다르나 대체로 0.2∼0.5㎛/min이다. 물들체의 이동에 ATP의 에네르기가 쓰인다.

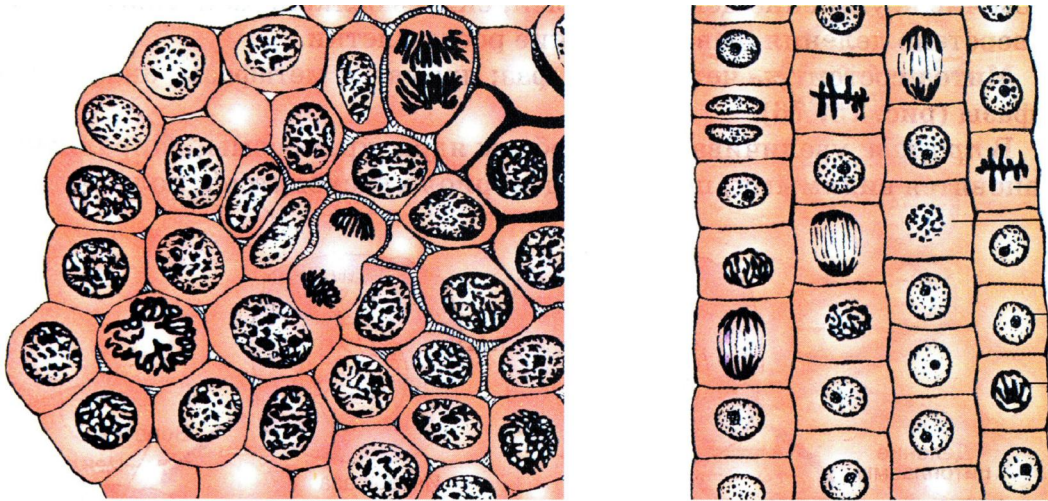
말기. 두 극으로 끌려간 물들체는 점차 물들실로 되고 핵소체와 핵막이 생긴다. 방추사는 없어진다. 또한 세포질이 갈라진다.

그리하여 하나의 어미세포로부터 그것과 꼭같은 수의 물들체를 가진 2개의 딸세포가 생긴다.

세포는 이런 방법으로 갈라져 그 수를 늘인다.

그러나 세포분렬에도 일정한 한계가 있다.

그것은 주로 세포가 분렬할 때마다 물들체의 일부가 떨어져나가는것과 관련된다.

사람의 일생동안에 정상몸세포는 50～60번 분렬한다. 그러나 암세포들은 제한이 없이 계속 분렬한다.

동물세포

식물세포

그림 2-32. 동식물세포의 분렬

생각하기

○ 몸세포분렬과정에서 물들체와 DNA는 어떻게 증가하였다가 분배되는가? 그라프로 그리고 이 현상의 의의는 무엇인가를 찾아내여라.

○ 몸세포분렬과정에서 물들체관찰에 제일 좋은 시기는 어느때인가, 왜 그런가?

○ 그림 2-32를 보고 세포질분렬방법에서 동물세포와 식물세포의 다른 점을 생각해보아라.

○ 몸세포분렬의 의의는 무엇인가?

세포분렬에 드는 시간과 온도와의 관계

양파뿌리끌세포분렬의 매 단계에 드는 시간과 총 시간이 온도에 따라 어떻게 달라지는가를 알아본 실험결과는 다음 표와 같다.

단계별시간/min 온도/℃	중간기	전기	중기	후기	말기	분렬기 총 시간
10	195	88	1.4	3	4.6	97
20	159	74	1	2.5	4	81.5
30	33	55	0.3	1	1.5	57.8

○ 세포분렬에 드는 시간과 온도사이에는 어떤 관계가 있는가?
○ 세포분렬의 어느 단계의 결과시간이 온도에 제일 많이 의존하는가?
○ 온도가 10℃ 올라갈 때마다 세포분렬시간이 몇배 단축되는가?
○ 세포분렬의 어느 단계에 시간이 제일 많이 드는가, 왜 그렇다고 생각하는가?

2. 감수분렬

감수분렬은 생물의 생식기관에서 생식세포가 형성될 때 일어나는 분렬이다.

감수분렬은 련이어 일어나는 두 차례의 분렬에 의하여 완성된다.

첫째 분렬(감수분렬 Ⅰ)과 둘째 분렬(감수분렬 Ⅱ)사이에는 짧은 중간기가 있다.

이 중간기에는 DNA가 합성되여 그 량이 2배로 늘어나는 과정도 없고 매 물들체가 자기와 같은것을 하나씩 더 만드는것(물들체복제)도 없다.

그러므로 몸세포의 물들체수는 2n이지만 감수분렬에 의하여 생긴 생식세포의 물들체수는 n이다. 그리고 감수분렬의 결과 하나의 어미세포로부터 4개의 딸세포가 생긴다.

첫째 분렬

4개의 단계를 거쳐 일어난다.

전기. 핵안에서 물들질이 타래모양으로 꼬여 물들체로 된다. 물들체들은 모양과 크기가 같은것들(**쌍물들체**)끼리 짝을 뭇는다.

짝을 무은 쌍물들체들가운데서 하나는 아비에서 온것이고 다른 하나는 어미에서 온것이다. 쌍물들체가 짝을 무어 붙은것을 **2가물들체**라고 부른다.

2가물들체들은 각각 세로 갈라져 4오리의 물들분체(4분체)로 된다.

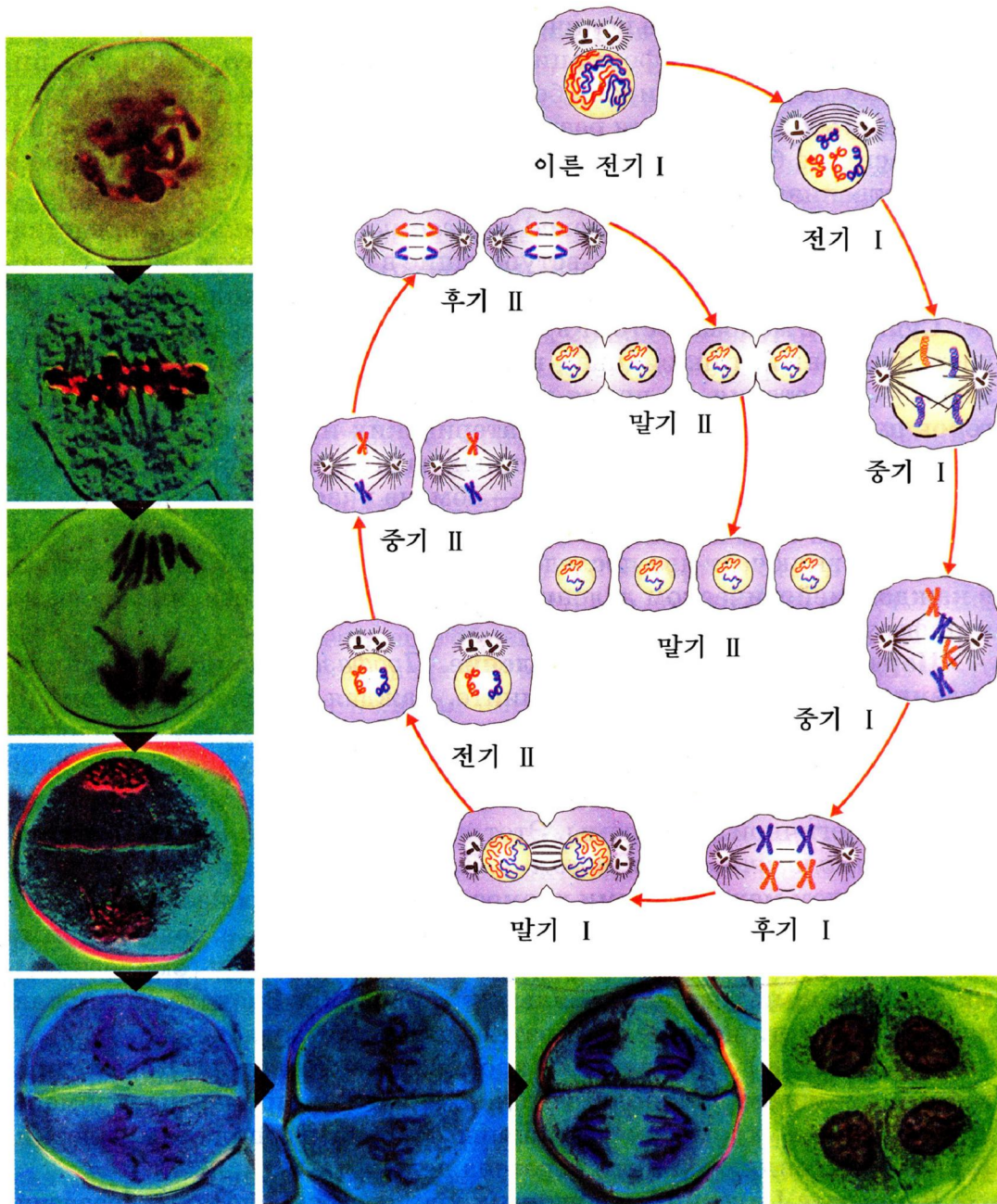



그림 2-33. 감수분렬과정

다음 핵소체와 핵막이 없어진다.

중기. 방추사가 2가물들체의 동원체에 붙는다. 2가물들체들이 세포의 적도면으로 이동하여 배렬된다.

후기. 2가물들체에서 매개의 물들분체(두오리씩으로 된것)들이 갈라져 각각 두 극으로 옮겨간다.

말기. 물들체들이 두 극으로 끌려가면 핵막이 생기고 세포질이 갈라진다. 그러나 물들체의 타래모양꼬임은 거의 풀리지 않은 상태에 있다.

결국 첫째 분렬에 의하여 어미세포(2n)보다 물들체수가 절반(n)으로 줄어든 2개의 딸세포가 생긴다. 이어 둘째 분렬에 들어간다.

둘째 분렬

몸세포분렬과 비슷한 방법으로 진행된다. 둘째 분렬도 4개의 단계로 나눈다.

전기. 짧은 중간기를 거쳐 련이어 진행된다. 특히 첫째 분렬의 전기에서와 같은 복잡한 변화가 없이 중기에 들어간다.

중기. 방추사가 동원체에 붙고 물들분체(2분체)들이 적도면에 모인다.

후기. 두오리씩으로 되여있던 물들분체들이 각각 한오리씩으로 갈라져 두 극으로 옮겨간다.

말기. 두 극으로 끌려간 물들체들에서 타래모양꼬임이 풀려 물들질로 되고 핵막과 핵소체가 다시 생겨 핵을 형성한다.

뒤이어 세포질이 갈라져 세포분렬은 끝난다.

이처럼 감수분렬에서는 두 차례의 분렬에 의하여 하나의 어미세포(2n)로부터 4개의 생식세포(n)가 생긴다.

생각하기

○ 첫째 분렬과 둘째 분렬의 다른 점은 무엇인가?

○ 감수분렬의 의의는 무엇인가?

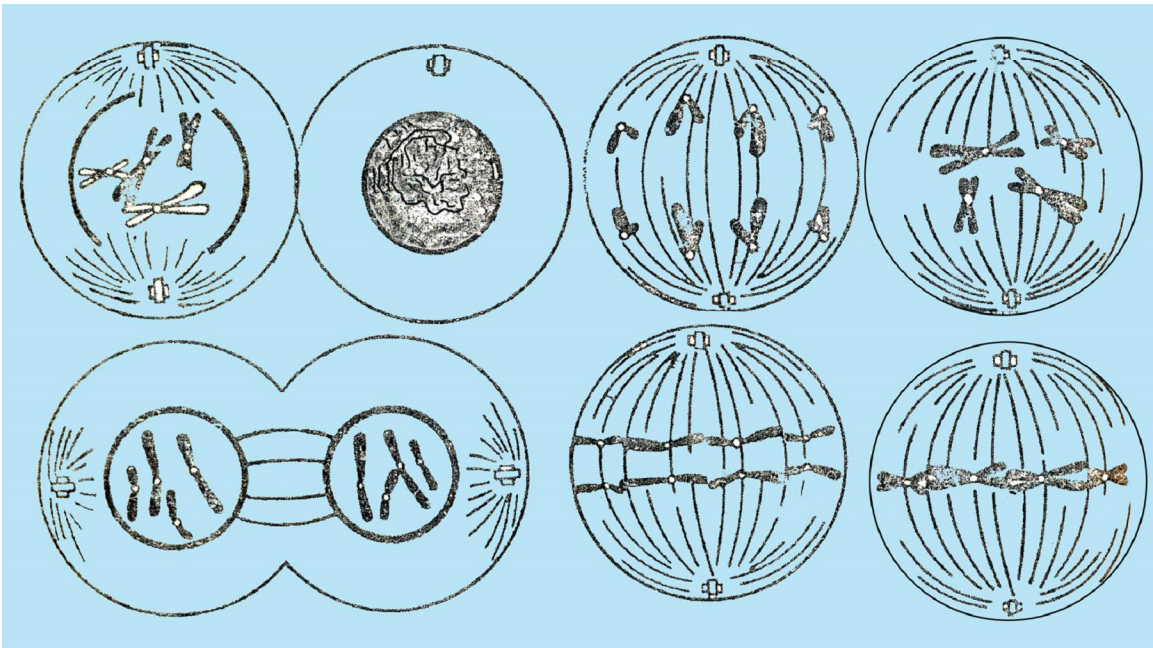
자료분석

감수분렬에 드는 시간

양파에서 몸세포분렬은 17.4시간동안 걸리나 감수분렬은 96시간동안 걸린다.

사람의 정자어미세포의 감수분렬은 24일 걸린다.

○ 몸세포분렬과 감수분렬가운데서 어느 분렬이 더 많은 시간이 걸리는가, 왜 그런가?

1. 2n=8일 때의 몸세포분렬과정을 모식도로 그리면서 설명하여라.
2. 몸세포분렬과정에서 전기, 중기, 후기, 말기의 뚜렷한 차이는 무엇인가?
3. 몸세포분렬과 감수분렬의 다른 점과 같은 점은 무엇인가?
4. 다음의 세포분렬그림이 맞는가를 따져보고 순서대로 번호를 붙인 다음 분렬단계의 이름을 써넣어라.

몸세포분렬과정

준비

양파의 어린 뿌리(또는 보라콩, 완두콩의 뿌리), 현미경, 받침유리, 덮개유리, 해부바늘, 려과종이, 핀세트, 안전면도날, 샤레, 알콜등, 비커, 온도계, 3% HCl용액, 시험관, 고정대, 시험관집게, 물, 초산카민(또는 겐티아나보라, 결정보라, 김자액)

※ 관찰하기 3~5일 전에 물을 채운 삼각플라스크우에 양파를 놓고 뿌리내릴 부분이 물에 닿게 한다. 보라콩과 완두는 젖은 톱밥에서 싹틔워 뿌리를 자래운다.

방법

1) 3~5cm정도 자란 뿌리의 끝을 5mm가량 되게 자른다.

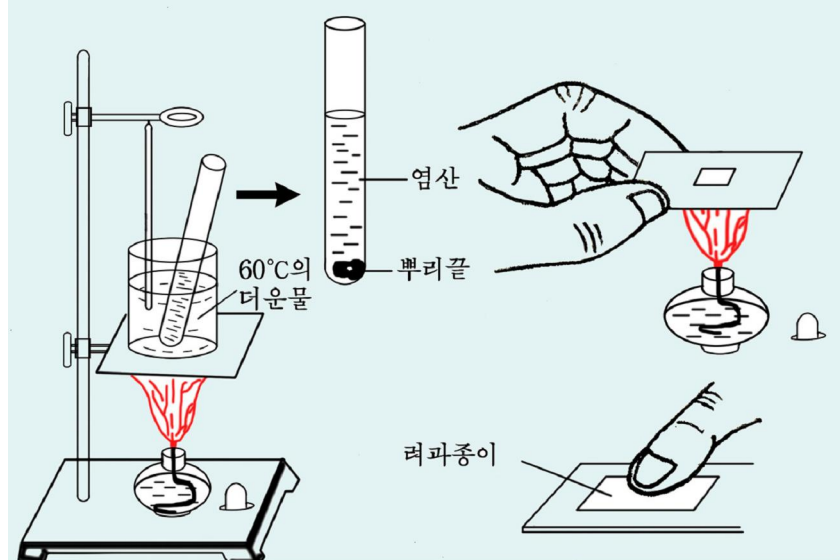
2) 잘라낸 뿌리끝을 HCl이 든 시험관에 넣고 60℃의 온도에서 7~8분동안 덥힌다.

3) 뿌리끝이 말갛게 되면 시험관에서 꺼내여 물로 씻는다.

4) 뿌리끝을 받침유리우에 놓고 1~2방울의 초산카민을 떨군 다음 덮개유리로 덮는다. 이것을 알콜등우의 불길우를 몇번 지나게 하여 따뜻이 덥힌다. ①

그림 2-34. 세포분렬표본만들기

5) 덮개유리우에 려파종이를 놓고 책상모서리에서 엄지손가락으로 살며시 누르든가 또는 연필의 지우개가 달린쪽을 수직으로 세워 가볍게 덮개유리를 누른다. ②

6) 이렇게 만든 표본을 처음에는 현미경의 낮은 배률(200×)로 보고 분렬하는 세포를 찾아내면 다시 높은 배률(400~600×)로 본다.

분석과 토론

○ 왜 뿌리끝을 HCl로 처리하는가?

○ 분렬하는 세포들이 뿌리의 어느쪽에 많은가, 왜 그런가?

○ 세포분렬의 어느 단계의 물들체를 관찰하기 편리한가?

결과처리

관찰결과를 그림으로 그리고 세포의 분렬시기를 판정한 다음 그 분렬단계의 이름을 써넣는다.

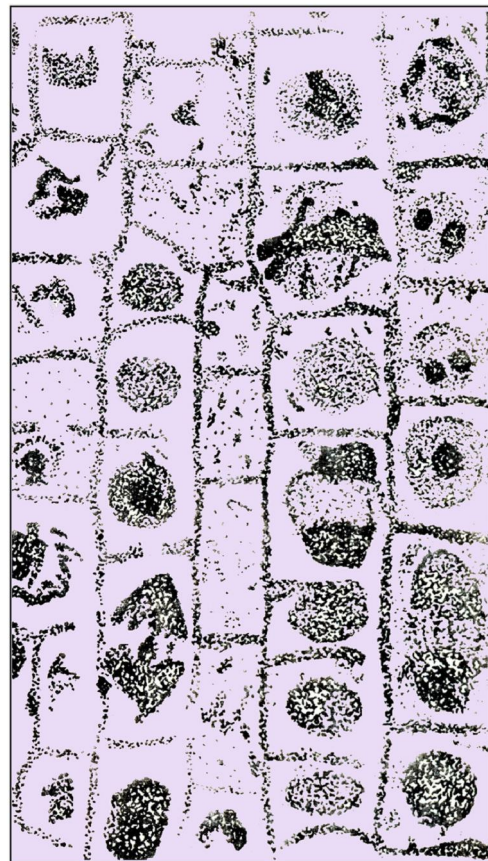



그림 2-35. 현미경에 나타나는 몸세포분렬과정

주의할 점

① 시험관을 덥힐 때 지나치게 가열하여 끓지 않도록 하여야 한다.

② 엄지손가락 또는 연필로 누를 때 세게 누르지 말아야 한다. 세게 누르면 덮개유리가 깨여지고 정확한 결과를 얻을수 없다. 누르기는 숙련이 필요하다.

※ 겐티아나보라로 물들일 때에는 30초를 넘지 말아야 한다. 시간이 되면 덮개유리 한쪽에 물 한방울을 떨구고 반대쪽에 려과종이를 대여 물들임액을 씻어내야 한다. 그렇지 않으면 너무 진하게 물들여져 물들체관찰에 불리하다.

제5절. 세포의 분화와 늙기

· 세포의 분화와 늙기의 특징 및 물림새는 무엇인가?

1. 세포분화

사람과 동물, 식물의 몸은 한개의 수정된 란세포(란자)로부터 형성된다.

수정된 란세포는 세포분렬을 통하여 새로운 생물을 만든다.

새로 생긴 세포는 초기에는 형태, 구조가 비슷하고 모두 분렬능력을 가지고있다.

그러나 일정한 기간 지나면 일부 세포만 분렬능력을 가지고있고 대부분 세포들은 분렬능력을 잃고 형태, 구조와 기능이 다른 전문화된 세포로 변화된다. 바로 한개의 수정된 란세포로부터 세포분렬에 의하여 생긴 세포무리에서 형태, 구조와 기능이 달라지는 현상을 **세포분화**라고 부른다.

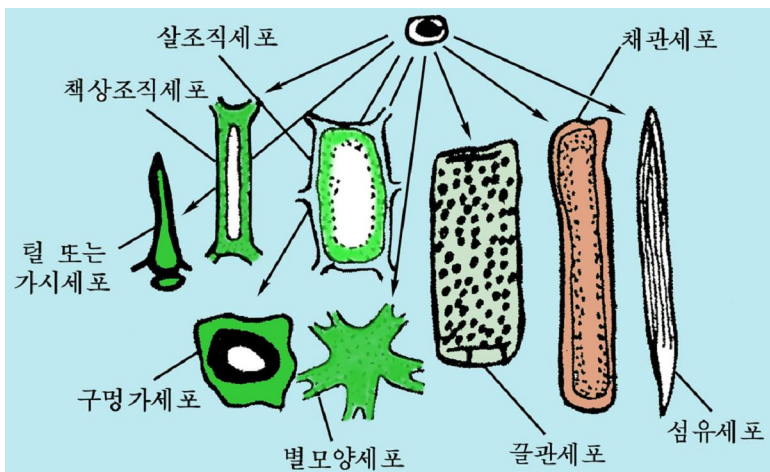



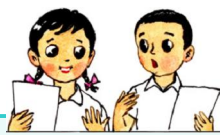
그림 2-36. 식물세포의 분화

례를 들어 식물의 분렬조직세포는 분화과정에 핵과 액주머니막이 없어져 채관세포로 될수도 있고 전체 원형질이 없어져 긜관세포로 될수도 있다.

동물에서도 한개의 수정된 란세포로부터 생긴 많은 세포무리가운데서 어떤 부분에서는 신경세포가 생기고 다른 부분에서는 간세포가 형성된다.

세포분화에 의하여 생긴 세포들은 형태, 구조와 기능이 비슷한것들끼리 각각 모여 조직, 기관, 계통을 이룬다.

세포의 분화는 크는 과정이 끝나기 전에 시작된다.

세포분화의 방향은 유전물질에 의하여 결정된다. 그리고 분화와 관련된 유전정보발현은 호르몬을 비롯한 여러가지 요인의 영향을 받는다. 이것은 식물조직을 떼여내여 무균조건에서 배양할 때 배지속에 어떤 호르몬과 영양물질을 어느 정도 넣고 배양하는가에 따라 세포분렬에 의하여 생긴 무정형의 조직덩어리가 계속 증식하는가 아니면 식물체로 분화되는가 하는것이 결정되는것을 보고도 잘 알수 있다.

세포분화와 세포질 및 세포위치와의 관계

큰조아재비뿌리의 겉껍질세포에서는 세포분렬결과 세포질농도가 높은 작은 세포와 세포질농도가 낮은 큰 세포가 생긴다. 그가운데서 작은 세포에서만 뿌리털이 생긴다. 큰 세포는 액주머니가 발달한 가늘고 긴 세포로 된다.

개구리를 비롯한 동물에서 수정된 란세포가 분렬하여 생긴 초기세포들이 배체의 안쪽 또는 바깥쪽에 놓이는가에 따라 그로부터 소화기관이 생기는가 아니면 뇌수, 척수가 생기는가 하는것이 결정된다.

○ 세포분화에 세포질이 영향을 준다는것을 어떤 자료를 통하여 알수 있는가?

○ 세포분화에 세포위치가 영향을 준다는것을 어떤 자료를 통하여 알수 있는가?

○ 동물의 배발육의 초기단계에서 뇌수가 생길 부분의 세포를 다른 부분에 옮겨놓으면 어떻게 되겠는가, 왜 그런가?

생각하기

○ 세포가 분렬, 분화하여 일정한 조직, 기관을 이루는 세포로 되는데서 결정적역할을 하는것은 무엇인가, 왜 그런가?

○ 한개의 세포를 떼여내여 배양하면 옹근개체를 얻을수 있는가 없는가, 왜 그런가?

2. 세포의 늙기

일반적으로 생물체의 생활기능이 자연적으로 끝나가는 과정을 **늙기**라고 부른다. 생물체의 늙기는 세포의 늙기와 관련되여있다. 세포도 수명을 가지고있다. 생물체에서는 시시각각 세포가 늙어죽는 동시에 새로 분렬하여 생긴 세포들로 교체된다. 세포는 자라서 분화된 다음부터 늙기 시작한다.

세포가 늙을 때 세포구조물과 기능에서는 여러가지 변화가 일어난다.

늙는 세포들에서는 원형질과 물의 함량이 줄어들고 핵과 엽록체, 사립체 등 세포기관들의 구조가 파괴되며 자라기속도도 떠진다.

또한 숨쉬기속도와 핵산과 단백질의 합성속도가 떠지고 밤색색소를 비롯한 색소가 형성된다. 사람인 경우에도 늙어가면서 피부에 밤색점들이 나타난다.

효소활성도 변한다. 머리카락이 검은색으로부터 흰색으로 변하는 현상은 흔히 늙기와 일치하는데 이것은 머리카락밑부분에 있는 검은색색소세포에서 멜라닌색소합성효소가 활성을 잃기때문이다.

최근 늙기의 물림새에 대한 연구에서 많은 성과가 이룩되였다. 지금 늙기는 분화된 세포의 특수성을 유지하는 유전물질이 활성을 잃고 제 구실들을 하지 못하는것과 함께 물질대사과정에 생기는 활성산소를 비롯한 여러가지 대사산물에 의하여 세포안의 DNA, RNA, 단백질분자들이 손상을 받는데 있다고 본다. 늙기와 관련된 일부 유전자도 발견되였다.

21세기에 늙기의 물림새와 그것을 막기 위한 방도는 사람들의 건강장수문제와 관련하여 더욱 깊이 연구될것이다.

생각하기

○ 사람이 늙을 때 어떤 특징이 나타나는가?
○ 세포의 분렬과 늙기사이에는 어떤 관계가 있는가?

문 제

1. 세포분화에는 어떤 요인들이 영향을 주는가?
2. 세포의 분화와 늙기의 호상관계는 무엇인가?
3. 세포가 늙을 때의 특징은 무엇인가?
4. 세포의 늙기를 막자면 어떻게 하여야 하는가?

줄기세포

각종 조직, 기관을 재생해낼수 있는 능력을 가진 세포를 **줄기세포**라고 부른다. 줄기세포를 《만능세포》라고도 할수 있다.

1999년에 어느 한 나라의 학자들은 사람의 배체줄기세포를 처음으로 분리해내는데 성공하였다.

2000년에는 어미흰쥐의 대뇌에서 세포를 떼내여 배체에 넣어주면 심장, 위, 간 및 기타 기관의 세포로 다시 분화시킬수 있다는것을 발견하였다. 또한 어른의 골수세포를 환자의 몸안에 이식하였는데 간세포로 전환되였다. 같은 해 줄기세포를 이식하여 피부를 재생하였다.

2002년에 어느 한 나라의 학자들은 사람의 배체줄기세포를 리용하여 실피줄을 만들어냈다.

줄기세포에 대한 연구는 계속 깊어지고있다.

제6절. 원시핵세포의 대표자—세균

· 세균은 동식물과 어떤 다른 특징을 가진 생물이며 우리 생활과 어떤 관계가 있는가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《무엇보다도 전염병을 예방하기 위한 투쟁을 강화하여야 합니다.》

자연계에는 식물도 아니고 동물도 아니며 균류도 아닌 세균들이 수많이 살고있다. 지금까지 알려진것만 하여도 약 4 000여종이나 된다.

세균들가운데에는 우리 생활에 리로운것도 있지만 여러가지 전염병을 일으키는 해로운 세균도 있다.

전염병을 미리막고 리로운 세균을 옳게 리용하려면 세균에 대하여 잘 알아야 한다.

1. 세균의 특징

세균은 토양, 물, 공기, 생물의 몸겉면과 속에까지 퍼져살고있다. 자연환경에는 세균이 없는 곳이 거의 없다.

해발 12 000m의 공중, 바다밑 10 000m아래 그리고 계속 눈이 덮여있는 높은 산, 물온도가 90℃이상인 온천과 화산분화구의 끓는 흙물에도 1년내내 살고있다.

한 숟가락의 토양에 약 10^{10}개의 세균이 들어있다.

세균은 단세포생물로서 크기가 아주 작은데 대체로 1～2㎛이다. 보통 10억개의 세균을 쌓아놓아야 좁쌀알만 하다.

그러므로 높은 배률의 현미경으로만 볼수 있다.

세균은 흔히 알모양, 막대기모양, 타래모양이다. 이밖에 해살모양의 방선균도 있다.

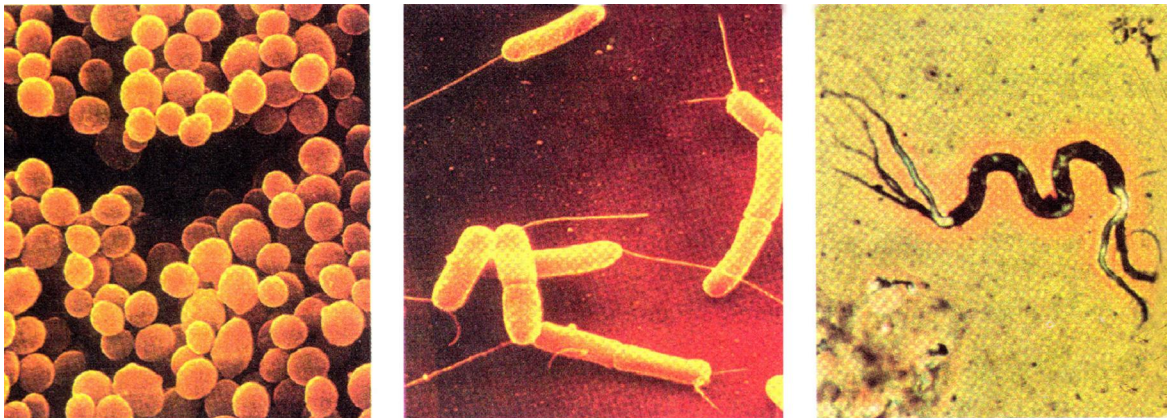



그림 2-37. 세균의 3가지 기본모양

세균세포에는 세포벽, 세포막, 세포질은 있으나 사립체, 엽록체와 같이 막으로 이루어진 세포기관들과 핵막이 없다.

핵물질(DNA)은 세포의 가운데에 집중되여 **핵같은체**를 형성한다. 그리고 세균세포에는 리보체가 많이 들어있다. 이렇게 온전치 못한 핵을 가진 세포를 **원시핵세포**라고 부른다.

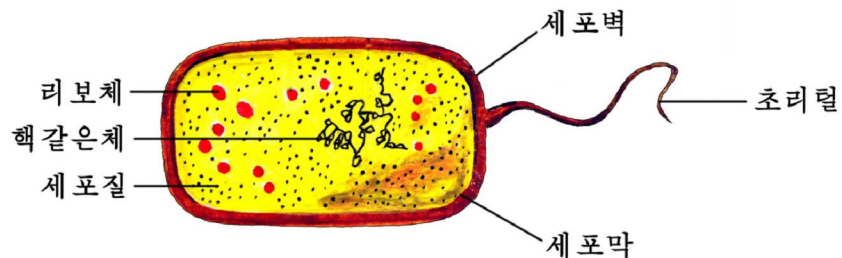



그림 2-38. 세균의 구조

어떤 세균에는 세포벽바깥쪽에 협막이 있으며 운동기관인 솜털 또는 초리털이 있다.

세균은 세포가 간단히 2개로 갈라지는 방법으로 매우 빨리 번식한다. 례를 들어 대장균은 20분에 한번씩 번식한다. 그러므로 세균은 하루밤사이에도 대단히 많은 수로 늘어나 눈에 잘 띄우는 균무지를 만든다.

어떤 세균들은 불리한 조건에 놓이면 두터운 벽을 가진 포자(아포)를 형성한다. 아포는 6시간동안 끓여도 죽지 않으며 알맞는 조건이 지어지면 싹터서 새로운 세균으로 자란다.

세균들가운데는 세포에 엽록소가 있어 빛합성을 하는 방법으로 제영양하는것도 있지만 다른 생물 또는 그 잔해에 붙어살면서 남영양을 하는것들이 많다. 남영양세균들은 버섯과 같은 균류처럼 물용해성영양물질만을 받아들인다.

세균은 종류에 따라 산소에 대한 요구가 서로 다르다.

례를 들어 초산균, 결핵막대균은 산소를 요구하나(호기성균) 파상풍막대균, 식중독방추균은 산소를 싫어하며(혐기성균) 대장균을 비롯한 밸안의 세균들은 산소가 있을 때에는 물론 없어도 산다.(통성혐기성균)

젖산균은 통성혐기성균이지만 산소숨쉬기를 하지 않으므로 주로 무산소조건에서 당을 발효시켜 에네르기를 얻으며 살아간다.

생각하기

○ 원시핵생물인 세균의 세포와 진정핵생물인 식물의 세포구조에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

○ 세균이 지구상의 그 어디에서나 살수 있는것은 그것의 어떤 특징과 관련되여있는가?

해보기

잘 익은 김치물속에 어떤 모양의 세균들이 있는가를 현미경으로 관찰하여라.

2. 세균과 우리 생활과의 관계

세균이라면 흔히 사람에게 병을 일으키고 음식을 썩여 해를 주는것으로만 생각할수 있다. 그러나 자연과 우리 생활에 리로운 점도 많다.

세균은 자연계에서 제일 중요한 분해자이다. 자연계에서는 해마다 수많은 동식물이 죽고있다. 만일 죽은 동식물이 그냥 남아있다면 어떻게 되겠는가. 그러나 이러한 일은 일어나지 않는다. 그것은 자연계에 있는 수많은 부패세균들이 죽은 동식물이나 배설물을 끊임없이 썩여서 살아가는 동시에 식물이 흡수리용할수 있는 간단한 무기영양물질로 전환시키기때문이다.

이와 같이 세균은 자연환경을 깨끗이 하고 식물에 필요한 무기영양물질을 만드는데서 큰 역할을 한다.

콩 같은 식물의 뿌리털끝에 침입하여 뿌리혹을 만들고 그속에서 사는 뿌리혹세균은 공기속의 분자태질소를 받아들여 식물이 리용할수 있는 암모니아로 전환시킨다.

식료품을 만드는데 널리 쓰이는 세균들도 있다. 초산균은 식초를, 젖산균은 김치, 신젖, 풀절임먹이를 만드는데 쓰인다. 일부 세균은 맛내기와 물엿을 만드는데도 쓰인다.

신젖식료품 《요그르트, 케피르》 등의 유래

한 세균학자가 벌가리아의 어느 한 마을에 갔을 때 그곳 사람들의 평균수명이 대단히 길다는것을 알고 그 비결을 알아보았더니 100살이 넘은 사람들은 례외없이 신젖을 먹었다는것이였다. 이 학자는 신젖을 현미경으로 보고 젖산균이 다량적으로 번식하고있는것을 확인한 다음 그것을 대장균이 자라고있는 우무배양기에 심었더니 젖산균의 둘레에는 대장균이 자라지 못하였다.

그는 이러한 실험결과에 기초하여 장수의 비결은 신젖이 뱃안의 대장균을 비롯한 나쁜 미생물을 죽이는데 있다고 세상에 선포하였다.

이때로부터 세계 여러 나라들에서 요그르트, 케피르 등 신젖식료품이 널리 보급되게 되였다.

○ 젖산균과 대장균사이에는 어떤 관계가 있으며 그것을 어떻게 알아볼수 있는가?

○ 이 학자의 연구사업과정을 도식으로 어떻게 표시할수 있는가, 이 연구사업에서 특징은 무엇인가?

○ 세균들사이의 관계를 어떤 방법으로 알아볼수 있겠는가? 실험계획을 세워보아라.

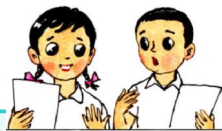
메탄균은 메탄가스를 생산하는데 쓰인다.

방선균은 살아가는 과정에 낮은 농도에서 세균을 비롯한 미생물의 생장을 억제하거나 죽이는 물질인 항생소를 내보내는데 이것을 리용하여 병치료에 널리 쓰이는 스트렙토미찐, 테트라찌클린, 데라미찐, 카나미찐 같은 항생제를 만든다.

사람과 동물의 몸안에는 정상적으로 많은 세균들이 살고있는데 그것들가운데서 일부는 밸에서 음식물과 먹이속에 있는 섬유소의 분해를 도우며 비타민 B_{12}을 비롯한 일련의 비타민을 합성한다.

타래말과 같은 남색세균(남색마름)은 식물처럼 빛합성을 하는데 영양가가 높고 소화도 잘되며 기르기도 쉬우므로 인공적으로 배양하여 널리 리용하고있다.

일부 세균은 사람들의 생활에 해롭다.

어떤 세균은 음식물을 쉬게 하고 썩이며 유독한 물질을 만들므로 그런 음식을 사람이 먹으면 식중독에 걸릴수 있다.

발효와 부패

세균들은 유기영양물질을 분해하여 사람에게 리로운 물질을 만들기도 하고 해로운 물질을 만들기도 한다.

발효(삭기)에서는 주로 당질이 산소의 참가없이 분해되여 알콜, 젖산, 버터산 같은 향기있는 물질이 생긴다.

부패(썩기)에서는 주로 단백질, 아미노산이 산소의참가없이 분해되여 류화수소, 암모니아, 인돌, 스카톨 등 냄새가 나쁘고 독이 있는 물질들이 생긴다.

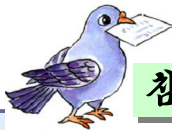
○ 세균들가운데서 잘 알려진 발효세균과 부패세균들은 어떤것들인가?
○ 발효와 부패의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
○ 맥주나 포도술을 공기중에 두면 왜 시큼해지는가?
○ 콩우유나 우유를 공기중에 오래 두면 어떻게 되는가, 왜 그런가?

어떤 세균은 상처를 곪게 하고 결핵, 장티브스, 콜레라 등 전염병을 일으킨다.

병을 일으키는 세균을 **병원성세균**(또는 병균)이라고 부른다.

우리는 세균에 의한 병에 걸리지 않도록 몸을 단련하고 식생활을 비롯한 일상생활에서 위생을 잘 지키며 예방약접종에 잘 참가하여야 한다.

- 흔히 보는 세균병을 3가지이상 들고 그의 주요증상과 치료대책을 찾아내여라.
- 항생소는 세균에서만 생기는가, 왜 그렇게 말할수 있는가?
- 전염병을 일으키는 생물에는 어떤것들이 있는가?

1. 세균을 왜 원시핵생물이라고 하는가?
2. 세균의 리로운 점과 해로운 점은 무엇인가?
3. 세균병을 미리막자면 어떻게 하여야 하는가?
4. 김치를 시지 않게 오래동안 보관하려면 어떻게 하여야 하는가, 왜 그런가?

밸안의 정상세균

사람과 동물의 몸안에는 거기에 적응한 수많은 세균들이 살고있다. 이러한 세균들을 **정상세균**이라고 부른다.

이것들가운데에는 영양물질의 분해와 흡수, 비타민합성, 유기체의 면역능력증가에서뿐아니라 사람몸에 해로울수 있는 균류와 병원성세균 등을 억제하고 독소의 형성과 흡수를 감소시키는데서 큰 역할을 하는것들이 있다.

례를 들어 배설물속에서 가장 많은 량을 차지하는것은 거짓막대균(100억～1 000억개/g)인데 대장균의 100～1 000배나 된다. 그러나 이 세균은 대장안의 정상적인 미생물로서 다른 나쁜 미생물들을 억제하는 리로운 세균이다.

반면에 밸안에는 몸상태에 따라 병을 일으키는 대장균과 티브스균, 적리균 등도 있다. 이 세균들은 당을 발효시켜 여러가지 유기산과 기체(수소, 탄산가스, 암모니아, 류화수소 등)를 만든다. 보통 이 세균들은 음식과 함께 입을 통해 들어가 밸안에서 증식하여 독소를 내보내며 식중독과 대장염, 장티브스, 적리 등과 같은 병을 일으킨다.

몸안세균들은 정상적인 상태에서는 언제나 병원성인것과 아닌것이 서로 균형을 유지하고 사람의 건강에 도움을 주지만 몸관리를 잘못하여 그 균형이 파괴되면 병을 일으킨다. 례를 들어 대장균은 정상상태에서는 비타민 B_{12}을 비롯한 여러가지 비타민을 만들어 사람들이 건강하게 하지만 그것이 많아지면 대장염을 일으킨다.

세균의 모양

준비

잘 익은 김치물, 시험관, 시험관대, 유리막대기, 알콜등, 받침유리, 덮개유리, 현미경, 려과종이, pH종이, 핀세트, 샤레 또는 시계접시, 스포이드, 물, 푹신액 또는 메틸렌청액

방법

1) 잘 익은 김치물을 시험관에 넣고 냄새와 맛을 본다.

2) 시험관을 시험관대에 꽂아놓고 굵은 알갱이들이 가라앉은 다음 핀세트로 pH종이쪼각을 집어 상등액에 적셔 색변화를 본다.

3) 유리막대기로 김치물상등액을 찍어서 받침유리에 바르고 알콜등불우의 약 5cm거리에서 약간 덥히면서 말린다. 그우에 푹신액이나 메틸렌청액을 스포이드로 한방울 떨구고 3～5분후 물한방울을 떨구어 남은 물들임액을 씻어버린다. 물방울을 려과종이로 조심히 빨아낸다. 덮개유리를 덮고 현미경(600×이상)으로 관찰한다.

분석과 토론

○ 김치물의 냄새와 맛은 어떤가, 왜 그런가?

○ 김치물이 산성인가, 알카리성인가, 왜 그런가?

○ 현미경상에 어떤 모양의 세균들이 나타났는가, 제일 많은 세균의 모양은 어떤것인가, 김치물에 있는 세균의 이름은 무엇인가?

결과처리

현미경으로 관찰한것을 그림으로 그리고 세균의 이름을 써넣는다.

제7절. 비세포적구조의 생물체 — 비루스

· 비루스는 어떤 특징을 가진 생물이며 우리 생활과 어떤 관계가 있는가?

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《방역사업을 잘하지 않고서는 전염병을 예방할수 없으며 인민들의 건강을 보호할수 없습니다.》

자연계에는 반드시 다른 생물의 세포안에 기생하여서만 살아가는 특수한 생물인 비루스가 널리 퍼져있다. 비루스는 이러한 특성으로 하여 사람을 비롯한 여러가지 생물에 기생하여 전염병을 일으킨다.

그러므로 비루스에 대하여 깊이 연구학습하는것은 전염병을 미리막고 치료하기 위한 대책을 세우는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

1. 비루스의 특징

비루스는 세균보다 훨씬 작다. 어떤 비루스는 3만개를 붙여놓아야 막대균 한개 크기만 하다. 대다수 비루스의 크기는 150nm아래이다. 례를 들어 돌림감기비루스는 100nm, 종양비루스는 100～300nm, 어린이척수마비비루스는 20～25nm, 일본뇌염비루스는 18nm이다. 그리고 감자X비루스의 크기는 500～525nm이다. 그러므로 비루스는 전자현미경으로만 볼수 있다.

비루스는 구조가 매우 간단하고 세포적구조를 갖추지 못하고있다. 그것의 주요성분은 핵산과 단백질이다.

비루스는 그 종류에 따라 DNA 혹은 RNA를 가지고있다.

핵산은 비루스의 중심에 놓인다. 핵산은 비루스가 자기와 꼭같은 비루스알갱이를 수많이 만들어내는데서 중요한 역할을 한다.

단백질은 핵산을 둘러싸면서 대칭적으로 배렬되며 비루스의 껍데기를 이룬다.

비루스는 공모양, 막대기모양, 실모양, 다면체모양, 올챙이모양 등 여러가지 모양을 하고있다.

비루스는 혼자서 살아가지 못하며 반드시 일정한 산 생물의 세포안에서만 살수 있다. 기생하지 않을 때에는 결정모양으로 변한다. 이때에는 그 어떤 생명활동도 하지 못한다.

그러나 비루스의 결정이 일단 산 세포에 들어가면 거기서 빨리 번식한다.

비루스가 생물인가 무생물인가, 왜 그런가?

2. 비루스의 종류와 사람과의 관계

비루스의 종류는 아주 많다. 비루스는 어떤 생물의 세포에 기생하여 사는가에 따라 식물비루스, 동물비루스, 세균비루스(파쥐)로 나눈다.

식물비루스

식물비루스는 약 1 000여종 알려졌다. 이 비루스들은 식물체의 상처 또는 찔러빠는입을 가진 진디물을 비롯한 곤충이 식물체에서 빨아들인 즙액 등을 거쳐 식물세포안에 들어가 병을 일으킨다. 실례로 벼, 밀, 뽕나무의 난쟁이병, 감자잎말이병, 감자줄무늬병, 담배쪽무이병 등을 들수 있다.

식물비루스는 산 식물체안에서 대단히 빠른 속도로 증식하며 생활력이 강하다. 실례로 담배쪽무이비루스는 4주일후에 그 수가 100만배로 늘어나며 포전에서 3~4년, 마른 담배에서 50년동안이나 살아있으며 90℃에서도 죽지 않는다.

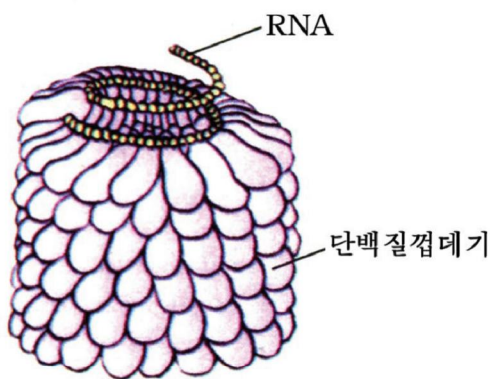
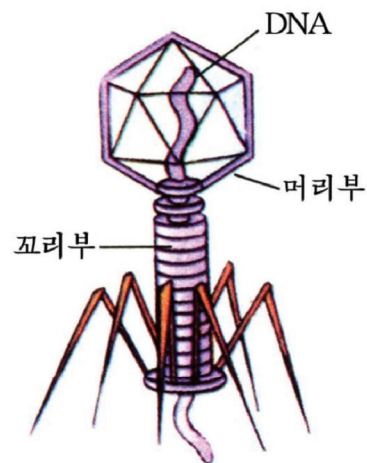



그림 2-39. 담배쪽무이비루스와 세균비루스

감자비루스

감자비루스는 세계적으로 20종이상 있다는것이 알려졌다. 그가운데서 병발생률이 높은것은 X, Y, S, 잎말이비루스이다. 그것들은 잎에 쪽무늬, 줄무늬, 누런얼룩쪽무늬, 잎말이, 덩이줄기걸면에 밤색고리무늬증상을 나타낸다.

X, S비루스는 접촉전염을 하고 Y, 잎말이비루스는 진디물에 의하여 퍼진다.

감자는 비루스에 감염되면 소출이 30～50%이상 감소된다.

- ○ 감자에 비루스가 감염되면 소출이 떨어지는 원인은 무엇인가?
- ○ 비루스에 감염된 감자식물체에서는 어떤 증상이 나타나는가?
- ○ 감자농사에서 비루스에 의한 피해를 막자면 어떻게 하여야 한다고 생각하는가?

동물비루스

동물비루스는 사람과 동물의 세포에 기생하는 비루스이다. 실례로 사람에게서 흔히 보는 돌림감기비루스와 그밖에 일본뇌염비루스, 간염비루스 등을 들수 있다.

동물비루스는 오염된 공기, 침방울, 배설물, 피부접촉, 피 등 여러가지 전염경로를 통하여 사람 또는 동물에 병을 일으킨다.

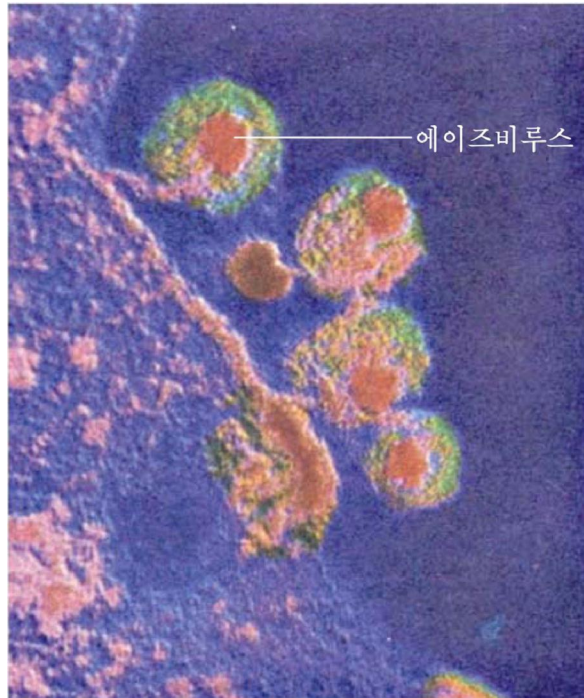
세계적으로 널리 퍼져 큰 피해를 보고있는 《에이즈》(후천성면역결핍증)와 조류독감도 다 동물비루스에 의한것이다.

그림 2-40. 파괴된 T림파세포로부터 에이즈비루스의 나오기

파쥐

파쥐는 세균세포안에 들어가 살면서 세균을 죽인다. 파쥐는 토양과 오수, 사람과 동물의 배설물, 병든 식물체 등에 널리 퍼져있다.

비루스는 사람과 동물, 식물에 여러가지 병을 일으킨다.

비루스병은 일단 발생하면 전염속도가 매우 빠르고 퍼지는 범위가 넓으므로 류행성을 띠고 사람의 건강과 농작물 및 축산물생산에 커다란 피해를 줄수 있다.

례를 들어 우리 인민과 세계 인민들의 철천지원쑤인 미제국주의자들의 책동으로 하여 세계적으로 널리 퍼져 이미 수많은 사람들의 목숨을 잃게 한 《에이즈》는 백혈병과악성종양을 일으키는 비루스로 만든 에이즈비루스에 의하여 발생한다.

이 비루스는 접촉전염을 하는데 특히 환자의 피와 침, 정액을 통하여 옮겨진다.

에이즈비루스는 사람의 면역형성에서 중요한 역할을 하는 T림파세포에 들어가 수백만개로 증식하며 그 세포를 파괴한다. 증식된 매개의 에이즈비루스는 또 다른 T림파세포에 들어가 증식한다. 결과 환자의 T림파세포수가 점점 줄어들므로 면역계통이 기능을 잃게 된다. 이런 환자는 면역이 없으므로 보통의 감기에 걸려도 죽을 수 있다.

B형간염

B형간염은 B형간염비루스에 의하여 발생하는데 피를 비롯한 체액을 통하여 전파된다.

B형간염은 쉽게 만성간염과 간경변으로 넘어가며 일부 경우에는 간암으로 넘어간다.

자료에 의하면 어느 한 나라에서는 B형간염비루스감염률이 60%에 달하며 B형간염겉면항원양성률은 10~15%에 달한다고 한다. 그러므로 B형간염을 사람들의 건강을 제일 엄중히 위협하는 전염병의 하나로 보고있다.

○ B형간염은 무엇을 통하여 전염되는가?
○ B형간염을 무서운 전염병으로 보고있는것은 무엇때문인가?
○ B형간염을 미리막자면 어떻게 하여야 하는가?

비루스병에 의한 피해를 입지 않으려면 그의 발생근원과 전염경로를 알고 미리막는것이 무엇보다도 중요하다.

우리 나라에서는 경애하는 대원수님께서 마련하여주신 예방의학적인 보건제도와 그것을 더욱 꽃펴나가시는 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 비루스병예방접종 및 치료체계가 철저히 세워져있다.

○ 비루스들은 어떤 경로를 통하여 전파되는가?

○ 우리 몸에서 흔히 발생하는 비루스병들에는 어떤것들이 있으며 그의 주요 증상, 예방대책은 무엇인가?

1. 비루스와 세균의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 비루스를 왜 비세포적구조를 가진 생물이라고 하는가?
3. 비루스는 어떻게 나쁜가, 다 나쁜가, 왜 그런가?
4. 조류독감을 미리막자면 어떤 연구를 하여야 하는가?

생물과학기술발전에 대한 연구자료조사

연구자료조사는 생물학연구에서뿐아니라 모든 과학기술연구에서 늘 쓰는 방법의 하나이며 그것을 떠나서는 새로운 문제점을 발견할수 없고 해결할수도 없다.

연구자료조사는 연구성과, 연구방법에서의 독특한 점들을 료해하는 형태로 진행한다.

연구자료조사는 인민대학습당을 비롯한 도서관에 가서 생물학부문의 국내외잡지, 참고서, CD 등을 읽고 추려쓰는 방법으로 진행한다.

자료를 읽으면서 이미 밝혀진것은 무엇인가, 아직 더 밝혀야 할 문제는 무엇인가, 그것이 우리 나라의 농업, 축산업, 수산업, 인민보건 등을 더욱 발전시키는데서 어떤 의의가 있는가 하는것을 가려내야 한다. 그리고 추려쓴 자료들을 내용별로 례를 들어 식물학, 동물학, 생물공학 등 학문별로 또는 자기가 연구하려는 부문별로 분류한다.

연구자료조사를 할 때 여러가지 외국어를 소유하지 못한 경우에는 교원의 방조를 받아서 진행한다.

학생들은 중학교때부터 높은 탐구심을 가지고 연구자료를 끊임없이 조사하여 교과서에서 배운 내용을 더욱 심화확대하고 연구사업을 해나가는 습관을 붙여야 한다.

조류독감

독감이라는것은 매우 심하게 앓는 돌림독성감기라는 뜻이다.

조류독감은 병원성이 높은 돌림감기비루스 A형에 의하여 조류(새류)에서 발생하는 급성호흡기성전염병이다.

돌림감기비루스는 RNA를 가진 비루스로서 피막과 껍데기단백질의 항원성에 따라 A, B, C형으로 구분한다.

그가운데서 B형과 C형은 사람감기비루스로서 심한 돌림감기를 일으키지 않지만 A형비루스가 사람뿐아니라 새류, 젖먹이류에서 가장 위험한 돌림감기를 일으키는 병원체로 되고있다.

A형비루스는 직경이 80～120nm정도의 둥근모양이며 겉면에 3개의 당단백질분자로 된 북채모양의 혈구응집소와 4개의 당단백질분자로 된 버섯모양의 노이라미니다제가 있다.

혈구응집소는 비루스가 사람이나 동물의 세포에 쉽게 침입하는 열쇠와 같은 작용을 하며 노이라미니다제는 세포의 접수체를 파괴하여 비루스가 자유롭게 활동하도록 해준다.

1980년에 세계보건기구는 혈구응집소(Hemagglutinin)라는 영어단어의 첫 글자를 따서 H로 그리고 노이라미니다제(Neuraminidase)의 첫 글자를 따서 N으로 표기하고 그옆에 아형번호를 쓰기로 하였다.

지금까지 알려진 혈구응집소의 아형은 15가지이며 노이라미니다제의 아형은 9가지이다.

자료에 의하면 정상상태에서 새류가 사람에게 직접 돌림감기비루스를 전파시킬 가능성은 극히 적으나 돌림감기비루스가 닭이나 돼지와 같은 집짐승의 몸안에서 유전적특성이 변화된 후에는 사람에게 전파될 가능성이 크다고 보고있다.

최근에는 A(H5N1)아형비루스와 같은 조류독감비루스가 직접 사람을 감염시키는 특이한 현상이 나타나고있다.

학자들은 사람몸안에서 조류독감비루스와 사람감기비루스의 유전물질재조합이 이루어져 새로운 형의 사람돌림감기비루스가 생겨날수 있다고 보고있다.

조류독감의 기본전파자는 기러기, 물오리와 같은 철새들이다. 특히 아프리카와 같은 더운 곳이 아니라 추운 곳에서 날아오는 철새이다. 철새는 조류독감비루스에 감염된 상태에서 먼거리를 이동하는 파정에 배설물과 분비물을 통하여 많은 비루스를 내보냄으로써 집새들을 무리로 감염시킨다.

조류독감은 공기전염되지 않고 주로는 직접 접촉하는 경우에만 전염된다.

오늘 조류독감은 세계 여러 나라들 특히 아시아나라들에서 커다란 경제적손실을 주고있을뿐아니라 사람들의 생명까지 크게 위협하고있다.

모든 학생들은 조류독감을 철저히 막기 위하여 적극 노력하여야 한다. 특히 조류독감에 대한 학습과 연구사업을 힘있게 벌려 빠른 기간안에 효능높은 진단, 예방, 치료수단들을 개발하는데 적극 이바지하여야 한다.

생물의 생식과 개체발생
생식의 종류
생식세포의 만들어지기와 수정
동물의 개체발생
식물의 개체발생
사람의 개체발생

제 3 장. 생물의 생식과 개체발생

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민생활에서 먹는 문제를 푸는것이 매우 중요합니다.》

인민생활에서 먹는 문제를 풀기 위하여서는 농산물과 축산물생산을 더욱 늘이고 양어장들에서 칠색송어를 비롯한 물고기를 많이 길러야 하며 바다가양식을 잘하여 조개, 바다나물 같은 수산물생산을 적극 늘여야 한다.

그러자면 생물의 생식과 개체발생에 대한 원리를 잘 알아야 한다.

생물은 얼마쯤 자라면 자기와 같은 후대를 만든다. 벼나 강냉이는 자라서 씨앗을 맺으며 토끼는 자라 새끼를 낳는다. 이와 같이 생물이 자라서 자기와 같은 새로운 개체를 만들어가는것을 **생식**이라고 부른다.

수정된 란세포(란자 또는 알)는 갈라져 세포수가 불어나며 세포의 모양과 기능이 분화되여 여러가지 복잡한 조직과 기관을 가진 엄지로 된다. 이와 같은 과정을 **발생**(개체발생)이라고 부른다.

생식과 발생은 생물의 본성이다. 생식과 발생에 의하여 생물의 대는 이어지고 종이 유지된다.

생식과 발생의 원리를 깊이 알고 효과적으로 리용하면 집짐승들의 개체를 많이 불구고 농작물의 생산성도 높일수 있다.

제 1 절. 생식의 종류

· 생식에는 어떤 종류들이 있으며 그 특성은 무엇인가?

생식에는 무성생식과 유성생식이 있다.

1. 무성생식

몸의 한 부분이 떨어져 새로운 개체로 자라는것을 **무성생식**이라고 부른다.

무성생식에는 분렬생식, 싹나기생식, 포자생식, 영양체생식 등이 있다.

분렬생식

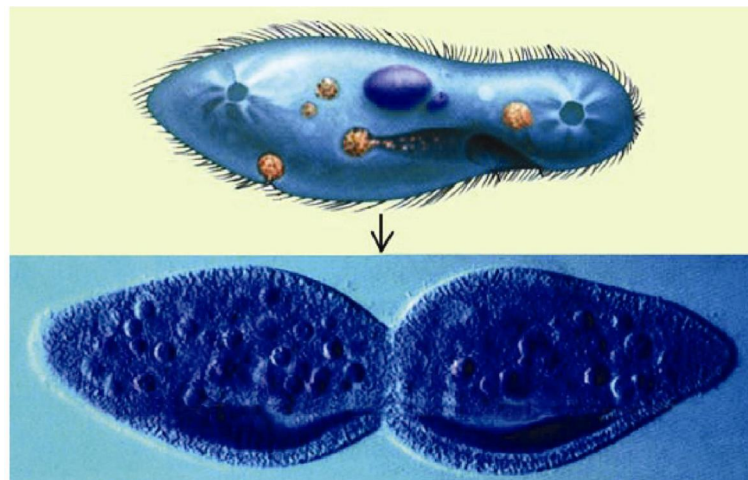



그림 3-1. 파라메시움의 분렬생식

포자생식은 포자주머니안에서 포자가 생기고 그것이 싹터 새로운 개체로 되는 생식이다.

영양체생식

그림 3-4. 영양체생식

생각하기

그림 3-4에서 감자와 딸기는 영양기관의 어느 부분에서 새로운 개체가 자라는가를 생각해보아라.

영양체생식은 뿌리, 줄기, 잎과 같은 영양기관의 일부로부터 새로운 개체가 자라나는 생식이다.

※ 영양체생식은 사람에 의해서도 일으킬수 있다.(인공영양체생식)

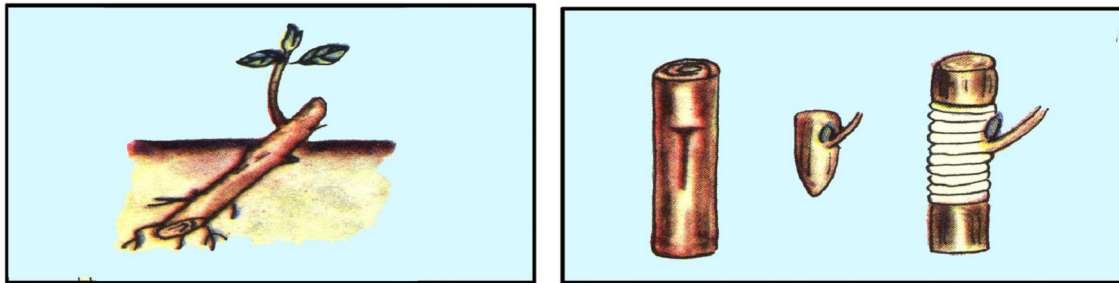



그림 3-5. 가지심기와 접붙이기(눈접)

인공영양체생식에는 가지심기, 가지묻기, 접붙이기와 같은 여러가지 방법이 있다.

가지심기는 나무가지를 잘라서 땅에 꽂아 새로운 식물체를 얻는 생식방법이다.

뽀뿌라나무, 버드나무, 포도나무, 국화를 비롯한 꽃풀 등은 가지심기로 번식시킬수 있다.

가지묻기는 가지를 구부려서 땅에 묻어 뿌리가 내린 다음 어미식물에서 떼내여 심는 방법이다.

접붙이기는 땅에 뿌리를 박고있는 식물에 다른 식물의 가지나 눈을 옮겨붙여서 새로운 식물체를 얻어내는 생식방법이다.

여기서 가지를 옮겨붙이는것을 **가지접**, 이때 옮겨붙이는 가지를 **접가지**, 가지가 접해지는 식물을 **접그루**라고 부른다. 눈을 옮겨붙일 때에는 **눈접**이라고 부른다.

우리 나라에서는 소나무에 잣나무를 접붙여 잣이 빨리 달리게 하였으며 가래나무에 호두나무를 접붙여 비교적 추운 곳에서 견디는 좋은 호두나무를 얻어내였다.

무성생식에 의하여 생겨난 후대는 엄지의 성질을 그대로 이어받는다. 이것은 생활환경이 안정할 때 엄지와 꼭같은 개체를 급속히 늘여나가는데 유리하다.

생각하기

무성생식에 속하는 분렬생식, 싹나기생식, 포자생식, 영양체생식에서는 모두 형식이 다르지만 암수성이 없이 몸의 한부분이 떨어져나가는 방식으로 새로운 개체가 만들어진다.

○ 분렬생식, 싹나기생식, 포자생식, 영양체생식에서 떨어져나가는 몸의 한 부분의 세포수는 어떠하며 후대의 성질이 왜 엄지의 성질과 꼭같은가?

○ 무성생식이 어떤 경우에 해롭겠는가를 생각해보아라.

2. 유성생식

생물가운데는 무성생식만 하는것, 무성생식과 유성생식을 겸하는것, 유성생식만을 하는것이 있다.

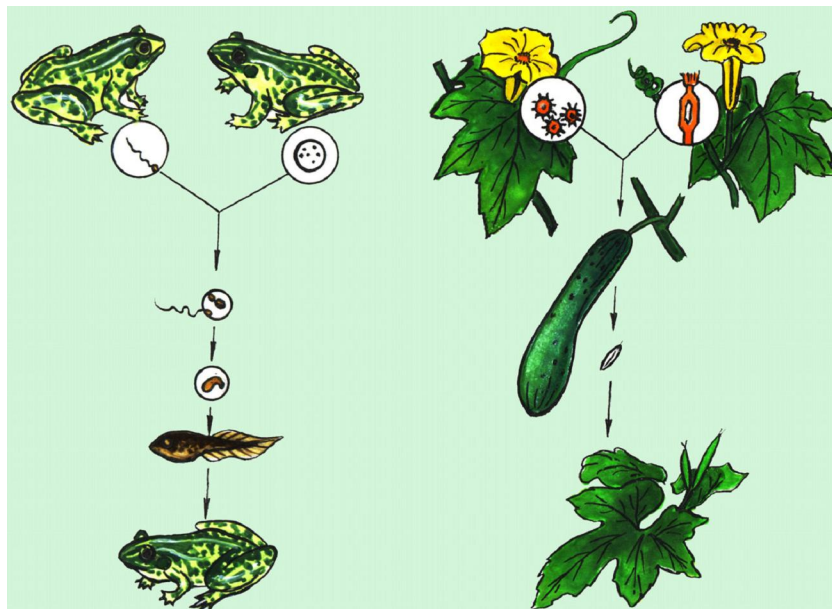



그림 3-6. 개구리와 오이의 유성생식

생각하기

그림 3-6을 보고 개구리와 오이가 어떻게 자기와 같은 후대를 만드는가를 생각해보아라.

생식을 위하여 특별히 만들어진 암수생식세포(암수짝씨)가 결합하여 다음대의 개체를 만드는것을 **유성생식**이라고 부른다.

유성생식에서는 생활력이 다른 암수의 두 생식세포가 접합하므로 어미, 아비의 성질이 여러가지로 배합된 생활력이 센 후대가 생겨날수 있다.

유성생식은 생물이 대를 잇고 종을 유지하기 위한 우월한 생식방법이다.

유성생식은 접합생식, 두성생식, 한성생식으로 나누어볼수 있다.

접합생식

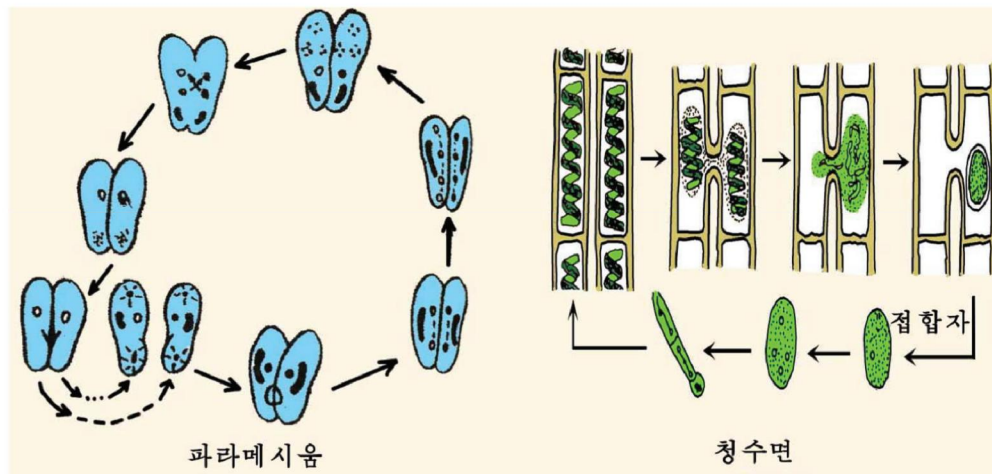



그림 3-7. 접합생식

생각하기

그림 3-7을 보고 파라메시움과 청수면이 어떻게 자기와 같은 후대를 만드는가를 생각해보아라.

접합생식은 몸세포가 그대로 암수짝씨의 기능을 가지고 접합하여 새로운 개체로 자라는 생식이다.

두성생식

두성생식은 홑수(n)의 물들체를 가진 암수짝씨들이 결합하여 배수(2n)의 물들체를 가진 수정란세포를 만들고 이것이 새로운 개체로 자라는 생식이다.

토끼, 닭을 비롯한 대다수 동물들과 벼, 강냉이 등의 식물에서 볼수 있다.

한성생식

한성생식은 암수짝씨가 접합하지 않고 홑수(n)의 짝씨로부터 새로운 개체가 생겨나는 생식이다.

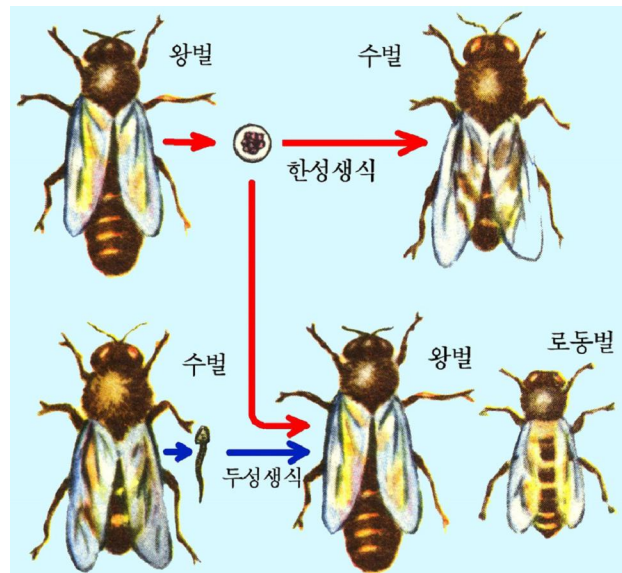
싸그쟁이, 진디물은 생활조건이 좋은 봄과 여름에 한성생식을 하며 꿀벌의 수컷은 한성생식에 의하여 생겨난다.

꿀벌에서 왕벌은 쌍붙을 때 수벌의 정자를 자기 몸안의 수정주머니속에 넣어둔다.

알을 낳을 때 이 수정주머니의 구멍을 열면 수정알을 낳고 구멍을 닫으면 수정되지 않은 알을 낳는다.

그림 3-8. 꿀벌의 생식

한성생식은 사람이 일으킬수도 있다. 벼, 강냉이의 꽃가루를 영양물질과 자라기조절물질을 포함한 배양액이 들어있는 시험관속에서 키워 홑수체(n)인 벼와 강냉이를 얻어낼수 있다.(꽃가루배양)

이런 방법은 새 품종을 빨리 얻어내는데 쓰이고있다.

생각하기

유성생식에 속하는 접합생식, 두성생식, 한성생식에서는 모두 생식을 위하여 여러가지 모양의 암수생식세포가 특별히 만들어지거나 그것들이 결합하며 드물게는 직접 다음대의 개체를 만든다.

접합생식, 두성생식, 한성생식에서 특별히 만들어지는 암수생식세포는 어떠하며 후대의 성질이 왜 엄지의 성질과 다른가?

1. 무성생식과 유성생식의 다른 점은 무엇인가?

구 분	무성생식	유성생식
생식기관이 참가하는가?		
짝씨가 형성되는가?		
후대의 특징은 어떠한가?		

2. 청수면이나 곰팽이는 어떤 때에 유성생식을 하는가?
3. 싸그쟁이와 진디물은 어떤 때에 한성생식을 하며 어떻게 겨울을 나는가?
4. 영양체생식의 좋은 점은 무엇인가?

눈 접

준비

감나무와 고욤나무, 사과나무와 매지나무, 복숭아나무, 칼, 끈(대마껍질 또는 비닐), 가지가위

방법

눈접은 접그루가 활발하게 자라는 봄에 한다. 눈접을 하면 눈과 함께 떼여낸 접가지의 형성층과 접그루의 형성층이 서로 합쳐져서 붙게 된다.

1) 접그루에 눈붙일 자리만들기

접그루로 쓸 나무는 씨앗을 심어서 2～3년 자란것이 좋다. 뿌리목으로부터 5cm정도의 높이에서 매끈한 껍질부분에 가로 칼자리를 낸 다음 그의 중심에서 세로 곧게 칼자리를 낸다.(《T》자모양으로 낸다.) 이때 칼자리의 길이는 접눈의 길이보다 0.5cm정도 더 길게 한다.

2) 눈떼여내기

충실한 가지에서 발육이 좋은 가운데부위의 눈을 쓰는것이 좋다.

왼손에 접가지를 쥐고 오른손에는 칼을 쥔다. 먼저 떼여낼 눈의 웃부분에 가로 칼자리를 낸다. 다음 칼을 눈의 아래부분에 대고 거기로부터 올리힘을 주어 이미 낸 칼자리까지 오면 칼날을 바깥쪽으로 향하도록 하면서 올려자른다.

3) 접붙이기

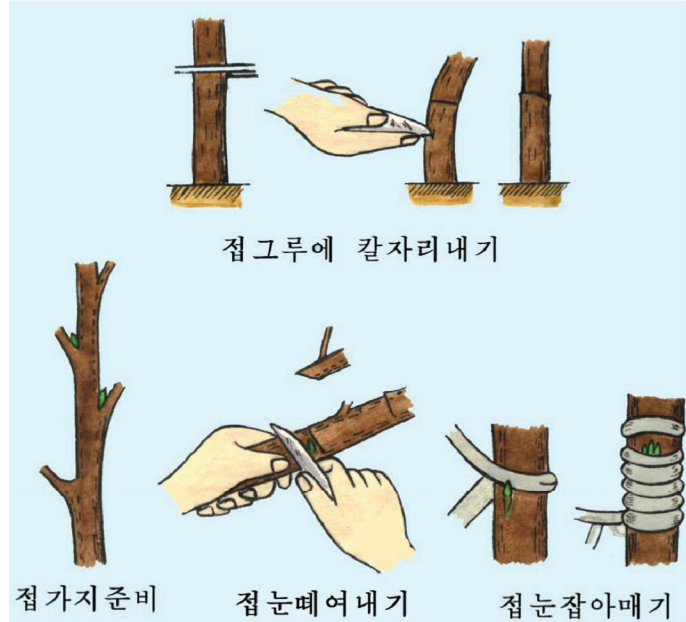
접그루에 눈붙일 자리를 낸 껍질층을 형성층이 보이도록 제쳐놓고 거기에 접눈을 밀어넣는다.

이때 왼손으로 눈을 쥐고 오른손으로 제쳐놓은 껍질층안으로 밀어넣어 밀착시킨다.

다음 끈으로 아래로부터 우로 올라가면서 바람이 들지 않게 동여맨다. 이때 눈은 싸매지 않는다.

그림 3-9. 접붙이기순서

분석과 토론

눈접을 할 때 접눈의 형성층과 접그루의 형성층을 서로 합쳐지게 하는 리유는 무엇인가?

결과처리

○ 눈접을 한 때로부터 약 20일 지나서 끈을 풀고 결과를 관찰한다.

○ 접한 눈이 싹터자라면 접그루에서 필요없는 가지와 싹을 잘라버리고 그 자리에 진흙을 발라준다.

주의할 점

접그루로 쓸 나무는 묵은 가지로서 좀 굵은것으로 준비하며 접가지는 이른봄에 잘라내여 움에 보관하였던것을 리용하는것이 좋다.

【실습】 가지심기

준비

뽀뿌라나무, 버드나무, 분홍꽃아카시아나무, 포도나무의 가지, 삽, 칼, 나래, 모래

방법

1) 가지심기를 위한 모판만들기

너비 1.5m, 길이 3m, 깊이 10cm의 크기로 흙을 파낸다. 파낸 자리에 물로 깨끗이 씻은 모래를 편다.

2) 가지준비

뽀뿌라나무, 버드나무, 분홍꽃아카시아나무의 가지를 눈이 3~4개 붙어있게 10~15cm길이로 자름면이 45° 경사지게 자른다.

3) 가지심기

만들어놓은 모판우에 자른 가지를 4~5cm의 간격으로 심는다.

이때 자른 가지의 2/3정도가 땅에 묻히게 한다.

즉 자른 가지에 눈이 3개이면 2개는 땅에 묻히게 하고 1개는 밖에 나오게 한다.

4) 가지심은 모판관리

가지심은 모판은 나래를 덮고 매일 1~2번 물을 충분히 준다.

일정한 시일이 지나 눈에서 싹이 나오면 나래를 벗겨준다. 나무모가 다 자랄 때까지 계속 물을 주면서 관리한다.

가지는 모판을 만들지 않고 직접 심을수도 있다. 이때 물을 충분히 주어야 한다.

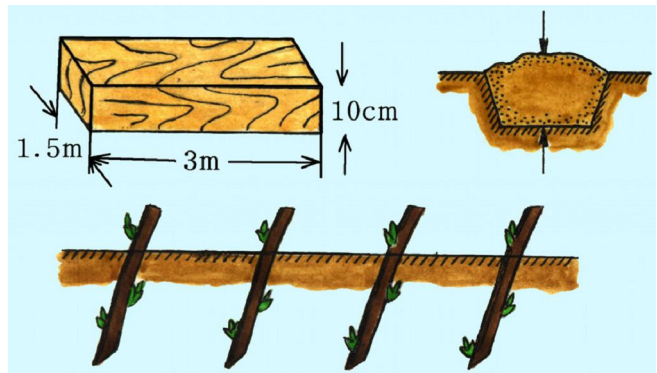



그림 3-10. 모판과 가지심기

뿌리가 내릴 때까지 심은 가지가 움직이지 않게 하여야 한다.

분석과 토론

○ 가지심기의 좋은 점이 무엇인가?

○ 심은 가지에서 내린 뿌리는 어떤 뿌리인가?

결과처리

○ 가지심기를 한 다음 자기가 심은 나무에 물을 주면서 정상적으로 관찰한다.

○ 심은 가지가운데서 뿌리가 내리고 정상적으로 자라는 개체들을 조사하고 그 리유를 밝힌다.

주의할 점

① 가지심기는 한종의 나무로만 하지 말고 여러종의 나무들로 하여야 한다.

② 가지심기는 반드시 학교교재원에서 하도록 하며 심은 가지에서 뿌리가 내리고 일정하게 자란것(나무모)은 학교정원에 옮겨심도록 하여야 한다.

제 2 절. 생식세포의 만들어지기와 수정

・생식세포는 어떻게 만들어지고 수정은 어떻게 진행되는가?

유성생식을 할 때 동물과 식물의 생식기관에서는 감수분렬에 의하여 물들체수가 절반으로 줄어든 암수생식세포가 만들어지고 이 암수생식세포가 합쳐져(수정) 물들체수가 본래대로 된다.

1. 동물생식세포의 만들어지기와 수정

동물의 생식세포만들어지기

동물의 생식세포는 정자와 란자이다.

수짝씨인 정자는 정소에서, 암짝씨인 란자는 란소에서 만들어진다.

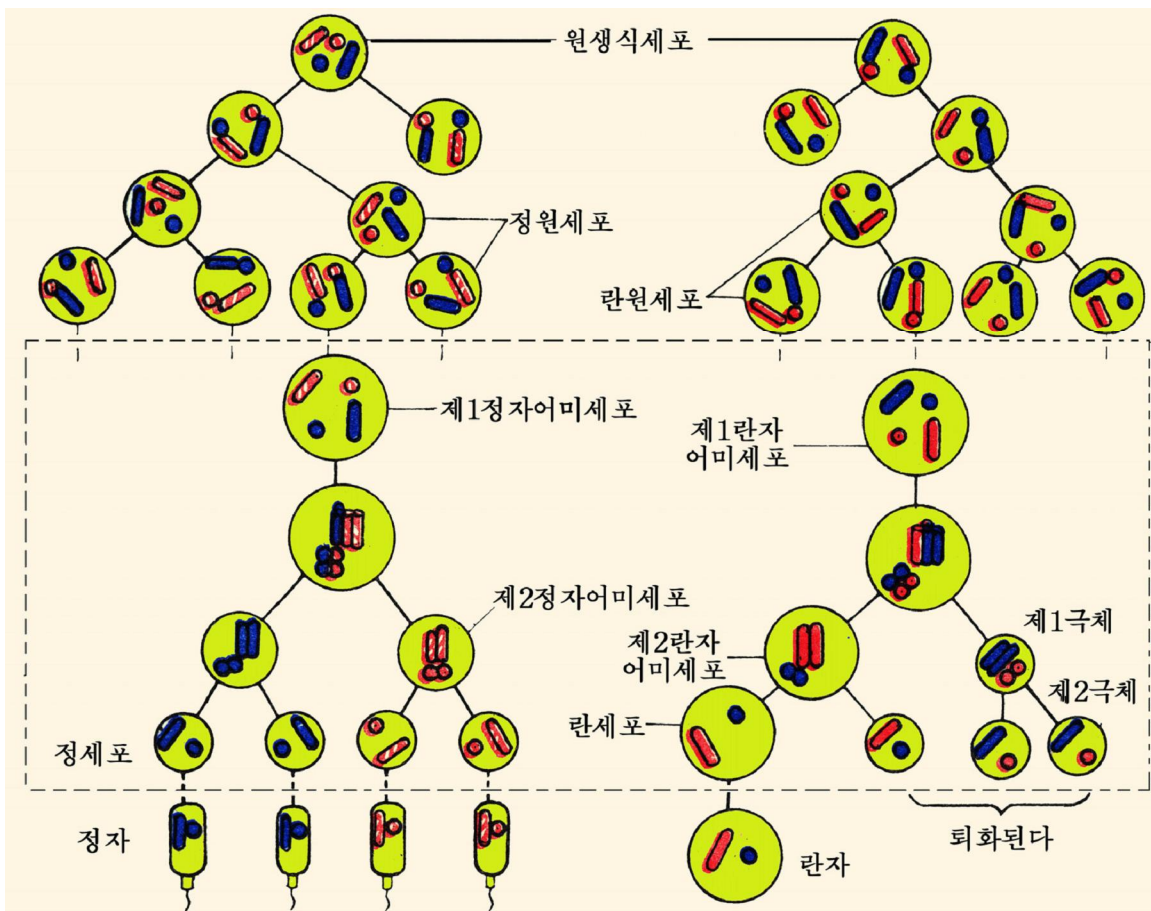



그림 3-11. 동물의 생식세포만들어지기

생각하기

그림 3-11에 나오는 정원세포와 란원세포는 동물개체의 어느 부분에서 만들어지며 그 부분(몸세포)의 물들체수와 생식세포(정자, 란자)의 물들체수에서는 어떤 차이가 있는가?

정자의 만들어지기. 정소에는 원생식세포가 많이 들어있으며 이것은 몸세포분렬을 여러번 반복하여 수많은 정원세포를 만든다. 이 시기를 **증식기**라고 부른다.

증식기에 만들어진 정원세포의 일부는 세포분렬을 그만두고 영양물질을 축적하면서 자라 제1정자어미세포로 된다. 이 시기를 **성장기**라고 부른다.

다음 제1정자어미세포는 감수분렬을 하여 4개의 세포를 만든다.

이때 첫째 분렬에 의하여 생긴 세포를 **제2정자어미세포**, 둘째 분렬에 의하여 생긴 세포를 **정세포**라고 부른다.

제1정자어미세포로부터 정세포가 만들어지는 시기를 **성숙기**라고 부른다.

성숙기에 세포의 물들체수는 절반으로 줄어들어 2n인 정원세포로부터 n인 정세포가 만들어진다.

그후 정세포는 머리부, 련결부, 꼬리부가 분화되는 **형태형성기**를 거쳐 정자로 된다.

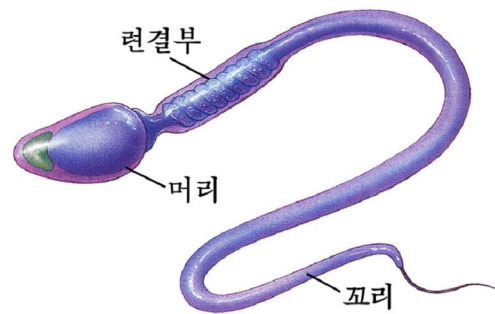
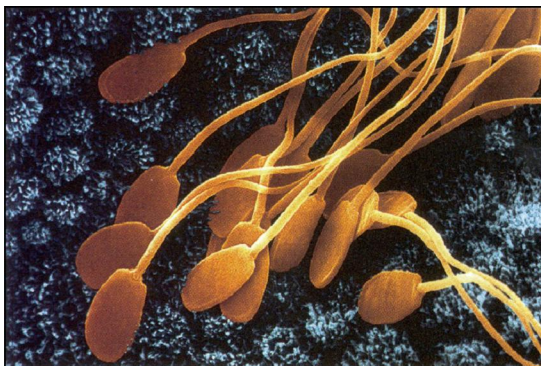



그림 3-12. 사람의 정자

란자의 만들어지기. 란자는 란소에 있는 원생식세포로부터 만들어진다. 란자만들어지기도 정자만들어지기과정과 기본적으로 같다.

증식기에 원생식세포로부터 란원세포를 만들고 성장기에 제1란자어미세포를 만든다. 란자가 만들어질 때 성장기는 정자만들어지기때보다 길다.

성숙기에는 균등하지 못한 분렬을 한다.

첫째 분렬에 의하여 큰 제2란자어미세포와 제1극체를 만들고 둘째 분렬에 의하여 1개의 란자와 3개의 제2극체를 만든다.

극체는 없어지고 란자만 남는다.

란자만들어지기에는 형태형성기가 없다.

생각하기

동물생식세포형성때 란자가 정자보다 적게 생기는 원인은 어디에 있는가?

동물의 수정

물고기나 개구리암컷이 물속에 알을 낳으면 수컷은 인차 정액을 내보낸다. 그러면 정액속의 정자가 알속에 들어가 수정(몸밖수정)한다.

젖먹이류에서는 수컷이 암컷의 몸안에 정액을 넣어주어 수란관에서 수정(몸안수정)한다. 새끼를 낳는 일부 물고기(삭뼈물고기)도 몸안수정을 한다.

동물은 어떤 과정을 거쳐 수정을 진행하는가.

정자는 화학물질에 대한 따름성에 의하여 란자에 가닿는다.

란자의 겉면에는 많은 정자들이 달라붙지만 흔히 하나의 정자만이 란자속으로 들어간다.

이때 정자의 꼬리부분은 잘리우고 머리부분만 들어간다. 정자를 받은 란자는 곧 수정막으로 둘러싸이므로 다른 정자들이 더 들어가지 못한다. 란자속에 들어간 정자머리에 있던 정핵은 란핵과 합쳐져 하나의 합친핵으로 된다.

이것으로 수정이 끝난다.

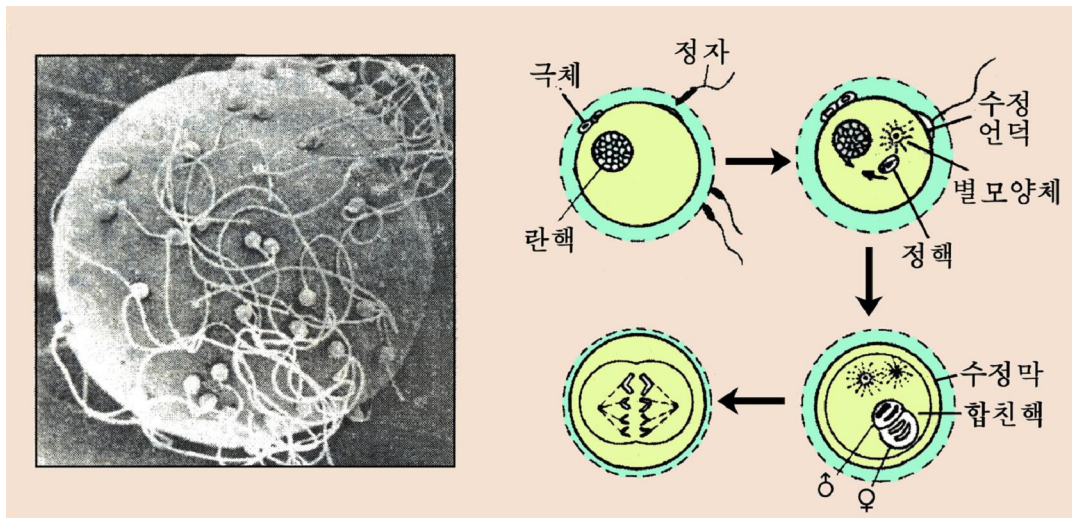



그림 3-13. 동물의 수정

수정결과 감수분렬할 때 절반으로 줄어들었던 물들체수는 본래의 상태인 2n으로 된다. 2n인 접합자는 자라(발생) 엄지개체로 된다.

수정률을 높이는것은 집짐승이나 물고기를 기르는데서와 농작물과 파일나무를 자래우는데서 생산성을 높이는 중요한 방도의 하나이다.

우리 나라에서는 지역별로 인공수정소가 꾸려져 인공수정방법으로 좋은 집짐승의 새끼들을 많이 불구고있으며 품종도 개량하고있다. 또한 메기, 기념어, 칠색송어, 산천어, 잉어와 같은 물고기의 알을 인공수정시켜 생산성을 높이고있다.

2. 식물생식세포의 만들어지기와 수정

식물의 생식세포만들어지기

식물의 생식세포는 꽃가루속의 정세포와 배낭속의 란세포이다.

정세포는 꽃의 수꽃술에서, 란세포는 암꽃술에서 만들어진다.

생각하기

다음의 그림에 나오는 꽃가루어미세포와 배낭어미세포는 식물개체의 어느 부분에서 만들어지며 그 부분(몸세포)의 물들체수와 생식세포(꽃가루, 란세포)의 물들체수에서는 어떤 차이가 있는가?

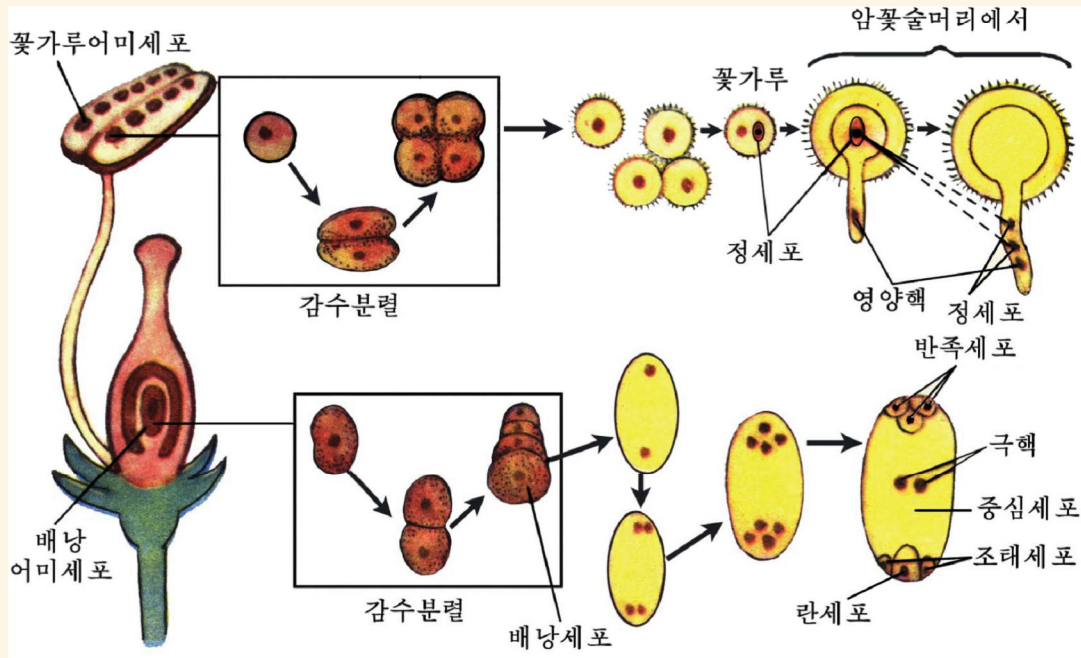



그림 3-14. 속씨식물의 생식세포만들어지기

꽃가루만들어지기. 꽃가루집안에는 보통세포보다 큰 꽃가루어미세포가 있다. 꽃가루어미세포(2n)는 감수분렬하여 물들체수가 절반으로 줄어든 4개의 채 자라지 못한 꽃가루(n)를 만든다.

이것은 핵만 다시한번 분렬하여 정세포와 꽃가루관핵(영양핵)을 가진 다 자란 꽃가루로 된다.

배낭만들어지기. 자방안의 배주에는 배낭어미세포가 있다.

배낭어미세포(2n)는 감수분렬하여 물들체수가 절반으로 줄어든 4개의 세포(n)를 만든다.

그가운데서 한개의 세포가 배낭세포로 되고 나머지 3개는 퇴화된다.

배낭세포는 핵만 세번 분렬하여 8개의 핵을 가진 배낭을 만든다.

여기에서 한개의 핵은 1개의 란세포(n), 두개의 핵은 2개의 조태세포(n), 세개의 핵은 3개의 반족세포(n), 두개의 핵은 가운데에 모여 1개의 중심세포를 만든다.

이렇게 하여 하나의 배낭세포는 7개의 세포로 이루어진 배낭으로 된다.

생각하기

식물생식세포형성때 배낭(란세포)이 꽃가루보다 적게 생기는 원인은 어디에 있는가?

식물의 수정

식물의 수정은 동물보다 다양하다.

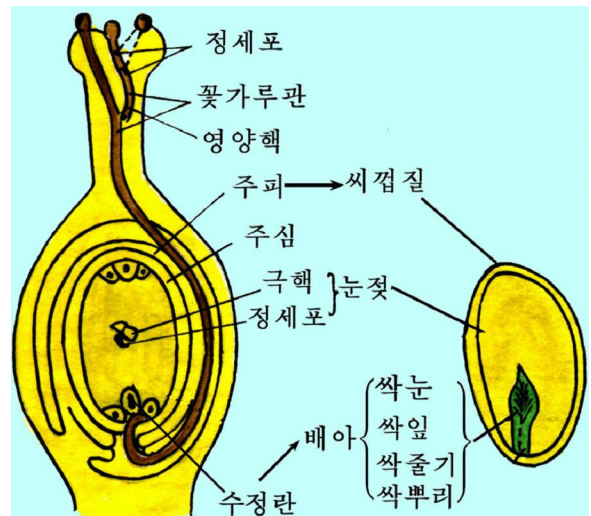
김, 미역, 빼꾹이끼, 고사리와 같은 하등한 식물에서는 정세포가 물을 따라 이동하여 란세포에 이르러 수정이 진행된다. 따라서 이런 식물에서는 수정할 때 물이 꼭 있어야 한다.

그러나 고등한 씨앗식물에서는 물이 없이도 수정이 진행된다. 그것은 꽃가루관에 의해서 수정이 진행되기때문이다.

속씨식물의 경우 수꽃술에서 생긴 꽃가루는 배주가 암꽃술의 자방속에 들어가 있으므로 암꽃술의 꽃술머리에 떨어진다.

그림 3-15. 속씨식물의 수정

꽃가루를 받은 꽃술머리에서는 당을 비롯한 여러가지 물질이 분비된다.

이 물질들을 영양으로 하여 꽃가루는 싹이 터 꽃술머리를 뚫고 들어가면서 꽃가루관을 형성한다.

이때 생식핵과 영양핵이 꽃가루관속으로 이동한다. 생식핵은 곧 갈라져 2개의 정세포로 된다.

꽃가루관은 꽃술대의 조직안에서 계속 자라 자방의 배주속에 있는 배낭에 이른다.

이때 영양핵은 없어지고 꽃가루관의 끝이 터지면서 그속에 있던 정세포가 배낭안으로 들어간다.

여기서 하나의 정세포(n)는 란세포(n)와 수정하고 다른 하나의 정세포(n)는 극핵(2n)과 수정한다. 수정된 란세포는 자라서 배아(2n)로 되고 수정된 극핵은 자라서 속눈젖(3n)으로 된다. 속씨식물에서와 같이 두개의 정세포가 두곳에서 동시에 수정하는것을 **겹수정**(중복수정)이라고 부른다.

수정된 란세포는 자라서 엄지개체로 된다.

최근에 식물생식공학에서는 꽃가루관의 정세포와 배낭의 란세포를 떼내여 시험관속에서 인공수정시켜 배양함으로써 옹근개체를 얻고있다. 그리하여 앞으로 서로 다른 식물들을 인공수정시켜 새 품종을 얻을수 있는 기초를 마련하였다.

문 제

1. 배낭어미세포, 배낭세포, 배낭의 다른 점은 무엇인가?
2. 몸안수정은 몸밖수정보다 어떤 점이 좋은가?
3. 속씨식물에서 수정된 란세포와 수정된 극핵의 물들체수는 왜 다른가?
4. 벼는 물들체수가 2n=24이다. 벼의 뿌리, 꽃가루어미세포, 배낭어미세포, 란세포, 극핵, 반족세포, 꽃가루의 영양핵과 정세포, 속눈젖의 물들체수는 각각 얼마인가?
5. 수정의 생물학적의의는 무엇인가?

【관찰】 알의 구조

1. 삶은 닭알의 관찰

준비

삶은 닭알, 해부칼, 핀세트, 해부바늘

방법

1) 해부칼등으로 닭알의 걸껍질을 두드려깨고 걸껍질쪼각을 핀세트로 조심히 뜯어낸 다음 흰자위와 공기방(기실)을 찾아본다.

2) 해부칼로 흰자위를 뜯어낸 다음 노란자위막과 배반을 찾아본다.

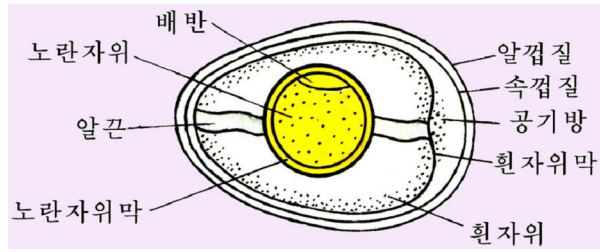



그림 3-16. 닭알의 구조(삶은 닭알)

분석과 토론

○ 공기방(기실)은 무슨 일을 하는가?

○ 핵은 어디에 있겠는가?

결과처리

그림을 그리고 구조물들의 이름을 써넣는다.

2. 생닭알의 관찰

준비

생닭알, 샤레, 해부칼, 해부바늘

방법

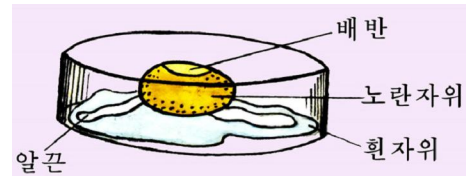
1) 샤레에 생닭알을 놓고 중간부분의 알껍질둘레를 해부칼등으로 조심히 두드려 깨뜨린다.

2) 해부바늘로 깨진 알깍지쪼각을 조심히 떼낸다.

3) 두손으로 닭알의 량끝을 쥐고 내용물이 샤레에 흘러나오게 한다.

그림 3-17. 닭알의 구조(생닭알)

○ 흰자위와 노란자위를 갈라본다.

○ 알끈, 배반을 찾아본다.

분석과 토론

○ 알끈은 무슨 일을 하는가?

○ 배반과 배는 어떻게 다른가?

○ 알껍질, 흰자위막, 흰자위, 노란자위막은 어떻게 생기는가?

○ 알세포의 세포질은 어느것인가?

결과처리

그림을 그리고 구조물들의 이름을 써넣는다.

주의할 점

수정되지 않은 닭알을 관찰재료로 선택하여야 한다.

제 3 절. 동물의 개체발생

· 동물의 개체발생은 어떻게 진행되는가?

동물의 발생은 동물집단에 따라 다르지만 수정된 란세포(알)로부터 시작하여 알갈림, 배엽형성, 기관형성과 같은 공통적인 과정을 거쳐 진행된다.

1. 알갈림 및 배엽형성

동물의 발생은 수정된 란세포로부터 시작되는데 그것은 알의 종류에 따라 다르다.

알은 배가 자랄 때 쓰일 영양물질인 노란자위의 위치에 따라 여러가지로 나눈다.

알의 종류와 특징 표 3-1

종류	특징	실례
노란자위고른알	노란자위가 적고 골고루 있다.	성게, 싸그쟁이
노란자위몰린알	노란자위가 한쪽에 몰려있다.	개구리, 뱀, 물고기
가운데노란자위알	노란자위가 가운데에 몰려있다.	곤충
노란자위없는알	노란자위가 없다.	젖먹이류

※ 노란자위몰린알에서 노란자위가 몰려있는쪽을 **식물극**, 그의 맞은편쪽을 **동물극**이라고 부른다. 동물극에는 세포질이 많고 식물극에는 적다.

수정된 란세포가 2, 4, 8,…, 2n개의 세포로 갈라지는것을 **알갈림**, 갈라진 하나하나의 세포들을 **갈림쪽**이라고 부른다.

알갈림형식은 알에 들어있는 노란자위량과 그 배치상태에 따라 다르다.

일반적으로 알갈림은 동물극이 있는 부분에서는 빨리 그리고 작게 진행되고 식물극이 있는 부분에서는 천천히 그리고 크게 진행되며 노란자위고른알에서는 알전체에서 골고루 진행된다.

생각하기

그림 3-18을 보고 성게와 개구리의 알갈림형식을 비교해보아라.

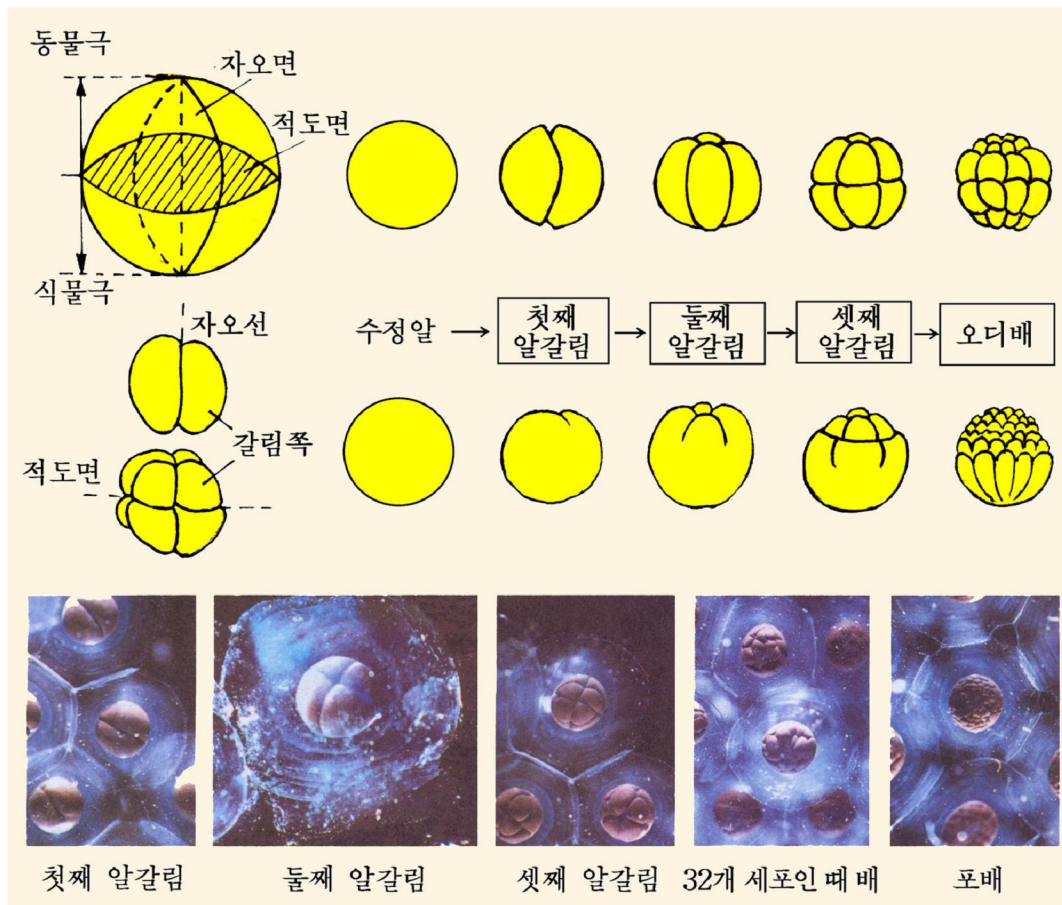



그림 3-18. 성게와 개구리의 알갈림형식

8개의 갈림쪽이 생긴 다음 알갈림이 수직과 수평으로 엇바뀌면서 얼마동안 진행되면 오디처럼 생긴 오디배가 되고 오디배가 분렬을 계속하면 오디배의 안쪽에 빈곳(알갈림강)이 생겨 여기에 액체가 차면서 포배(공배)로 된다.

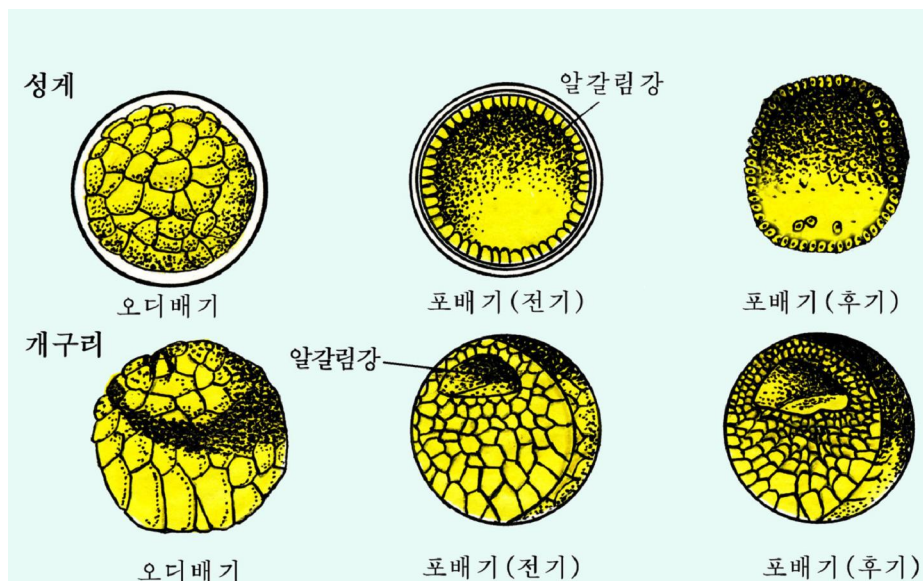



그림 3-19. 성게와 개구리의 공배

성게와 같이 노란자위고른알의 포배는 포배벽이 한층으로 되였는데 알갈림강이 크고 중심에 놓이며 개구리와 같이 노란자위몰린알의 포배는 포배벽이 여러층으로 되였는데 알갈림강이 작고 동물극쪽에 치우쳐있다.

포배단계의 마지막 시기에 알갈림이 계속되여 포배벽의 자리가 바뀌면서 주머니배(낭배)가 형성된다.

이 주머니배에서 앞으로 동물의 기관으로 될 외배엽, 내배엽, 중배엽이 만들어진다.

생각하기

수정된 성게알은 노란자위가 적고 골고루 있으며 수정된 개구리알은 노란자위가 한쪽에 몰려있다. 노란자위고른알에서는 알갈림이 모든 부분에서 골고루 진행되지만 노란자위몰린알에서는 식물극쪽의 알갈림이 천천히 진행되고 동물극쪽의 알갈림은 빨리 진행된다.

그림 3-20, 3-21을 보고 성게와 개구리의 배엽형성에서 어떤 차이가 있겠는가를 생각해보아라.

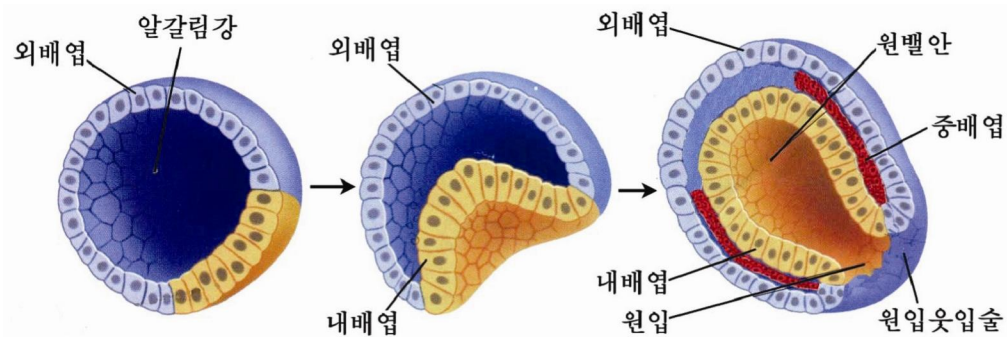



그림 3-20. 성게의 배엽만들어지기(주머니배)

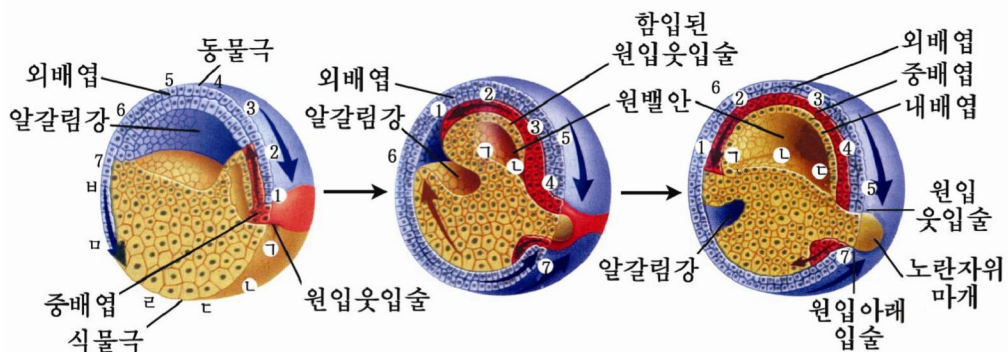



그림 3-21. 개구리의 배엽만들어지기(주머니배)
(1～7, ㄱ～ㅂ는 말려들어가는 순서)

성게에서는 식물극의 포배벽이 포배안쪽으로 오무라져들어가 두 층의 세포로 이루어진 주머니배로 된다.

주머니배에서 오무라져들어간 부분을 **원밸**, 원밸어귀를 **원입**, 바깥세포층을 **외배엽**, 안의 세포층을 **내배엽**, 원입의 둘레를 **원입웃입술**이라고 부른다.

주머니배가 생기는 시기에 식물극에 있는 몇개의 세포들은 포배안으로 떨어지며 이 세포들로부터 중배엽이 생긴다. 그 결과 3개의 배엽이 생기게 된다.

개구리에서는 식물극이 포배안으로 오무라져들지 못하고 동물극세포들이 빨리 늘어나면서 식물극을 덮는다. 이때 동물극과 식물극의 두 부분사이에 가로홈이 생기고 차츰 초생달처럼 되면서 원입으로 된다.

불어난 동물극세포들은 원입을 통하여 안쪽으로 말려들어가는데 이때 식물극세포들도 함께 들어간다.

이리하여 식물극을 완전히 둘러싼 동물극부분은 외배엽으로 되고 식물극부분은 내배엽으로 된다.

말려들어간 동물극부분은 중배엽을 이룬다.

2. 기관형성

동물의 모든 기관들은 주머니배의 외배엽, 내배엽, 중배엽에서 차례로 만들어진다.

매개 배엽에서 만들어지는 기관 표 3-2

배엽의 종류	생긴 기관들
외배엽	뇌수, 척수, 눈, 코, 귀, 겉껍질과 그의 변화물들(피부선, 털, 손톱과 발톱, 깃)
중배엽	힘살, 뼈, 콩팥, 배설기관, 생식기관, 피부밑조직, 속껍질
내배엽	소화기관(입, 식도, 위, 밸), 소화선(간, 취장), 페, 아가미, 갑상선, 가슴선

개구리에서 일부 기관계통들이 어떻게 생겨나는가를 보자.

생각하기

그림 3-22를 보고 개구리주머니배의 외배엽으로부터 신경판, 신경판이 어떻게 생기는가를 생각해보아라.

※ 신경판이 생길 때의 배를 **신경배**라고 부른다.

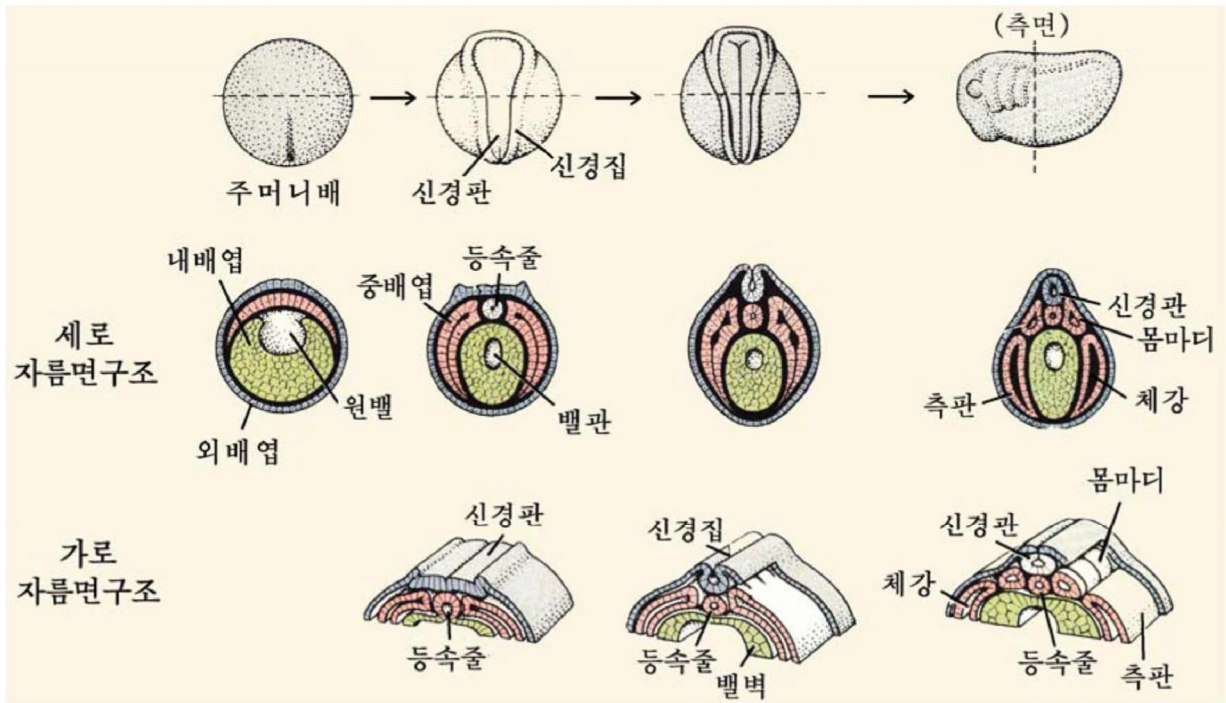



그림 3-22. 개구리의 신경배

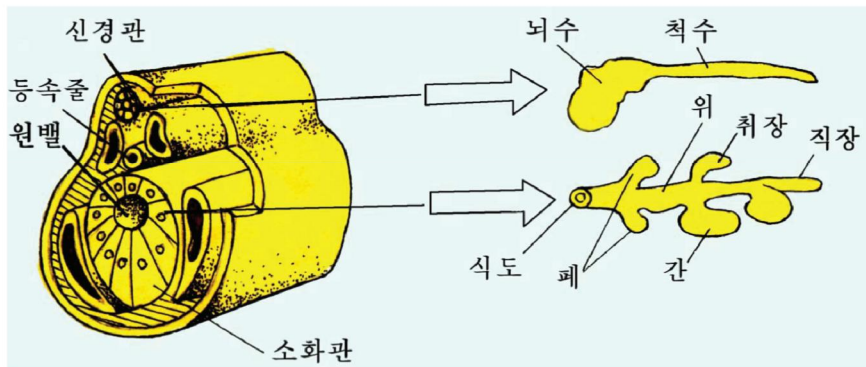



그림 3-23. 개구리의 신경계통, 소화관, 숨쉬기기관형성

생각하기

그림 3-23을 보고 신경관으로부터 뇌수와 척수가 어떻게 생기며 원밸로부터 소화관과 소화선, 숨쉬기기관이 어떻게 생기는가를 생각해보아라.

앞으로 밸로 될 부분인 소화관의 뒤끝은 원입과 이어져 홍문을 만들고 소화관의 앞끝은 외배엽과 이어져 입을 만든다.

생각하기

발생과정에 원입이였던 자리가 홍문으로 되고 그와 반대쪽에 입이 생기는 동물을 **후구동물**, 원입이였던 자리에 입이 생기는 동물을 **선구동물**이라고 부른다.

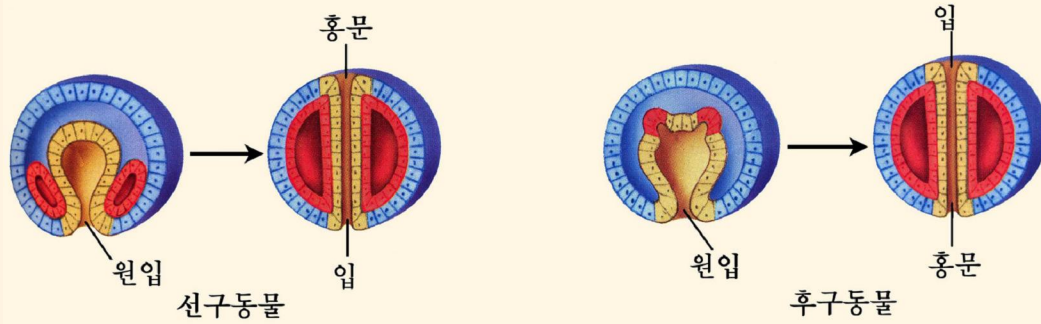



그림 3-24. 선구동물과 후구동물

성게, 붕어, 개구리, 뱀, 비둘기, 토끼 등은 후구동물이고 나비, 조개, 지렁이, 회충, 촌백충 등은 선구동물이다.

후구동물과 선구동물가운데서 어느 집단이 더 발전되였으며 그것은 왜 그런가?

동물의 몸을 이루는 조직과 기관들은 모두 어느 한 배엽으로부터 만들어지며 서로 밀접한 련관속에서 차례로 생긴다.

3. 배막과 태반형성

물고기나 개구리의 알은 물속에서 발육하지만 파충류, 새류, 젖먹이류의 알이나 란자는 물이 없는데서 발육한다.

그러므로 파충류, 새류, 젖먹이류에서는 발생과정에 배에 물환경을 마련해주는 배막을 만든다.

배막은 발생과정에만 만들어져 일정한 기능을 수행하는 막이다.

배막에는 밸막(장막), 양막, 오줌주머니, 노란자위주머니가 있다.

생각하기

○ 노란자위주머니, 오줌주머니, 양막, 밸막은 무슨 일을 하겠는가?

○ 파충류, 새류, 젖먹이류와 같이 배막이 반드시 생기는 동물을 **양막동물**, 물고기나 개구리와 같이 배막이 생기지 않는 동물을 **무양막동물**이라고 부른다. 양막과 무양막동물집단가운데서 어느 집단이 더 발전된 집단이며 그것은 왜 그런가?

파충류와 새류에서 배막은 어떻게 만들어지는가를 보기로 하자.

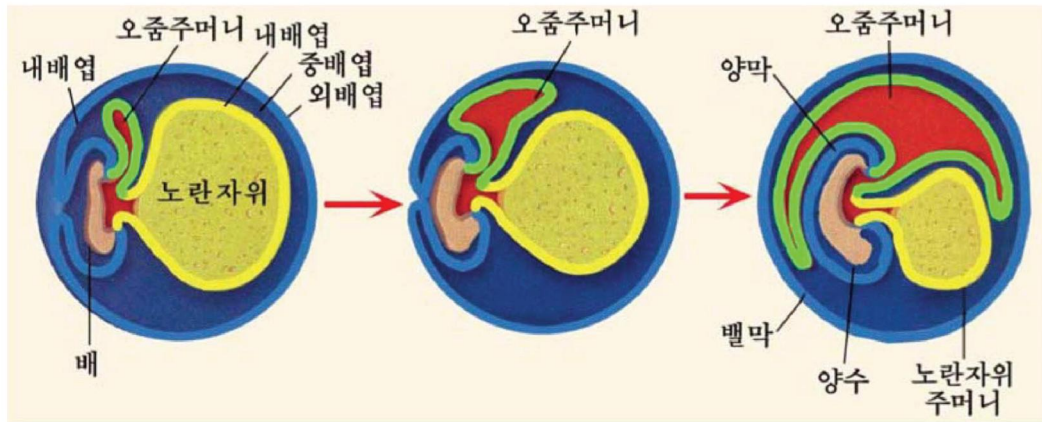



그림 3-25. 배막형성

그림 3-25에서 외배엽과 중배엽으로부터 밸막과 양막이 어떻게 생기는가를 생각해 보아라.

양막안에는 양수라고 부르는 액체가 차있다. 배는 양수속에 떠서 발생을 계속한다.

노란자위주머니와 오줌주머니는 모두 내배엽과 중배엽으로부터 만들어진다.

노란자위주머니에는 많은 피줄이 퍼져있는데 이 피줄을 통하여 배가 노란자위에 있는 영양물질을 받아들인다.

오줌주머니는 배가 버린 배설물을 모아둔다.

오줌주머니와 밸막이 잇닿아있는 부분에는 많은 피줄이 있으므로 바깥과 O_2과 CO_2교환을 진행한다.

배가 발육하는데 따라 오줌주머니는 점차 커지고 노란자위주머니는 반대로 작아진다. 그 리유는 무엇인가?

젖먹이류에서 태반은 어떻게 만들어지는가.

젖먹이류에서 배의 발생초기에는 파충류나 새류에서처럼 배막이 생긴다.

그러나 젖먹이류의 란자는 노란자위없는알이고 배가 자라는데 필요한 영양물질은 어미로부터 받기때문에 배막의 역할은 다르다.

젖먹이류의 배에서는 노란자위주머니가 발생초기에 생겨나지만 인차 퇴화된다. 또한 오줌주머니막의 바깥쪽은 밸막과 합쳐지고 그것이 새끼집(자궁)벽에 많은 돌기를 형성한다. 이렇게 된것을 **태반**이라고 부른다.

태반은 부들털(융모)돌기에 의하여 새끼집벽에 꽉 붙어있다.

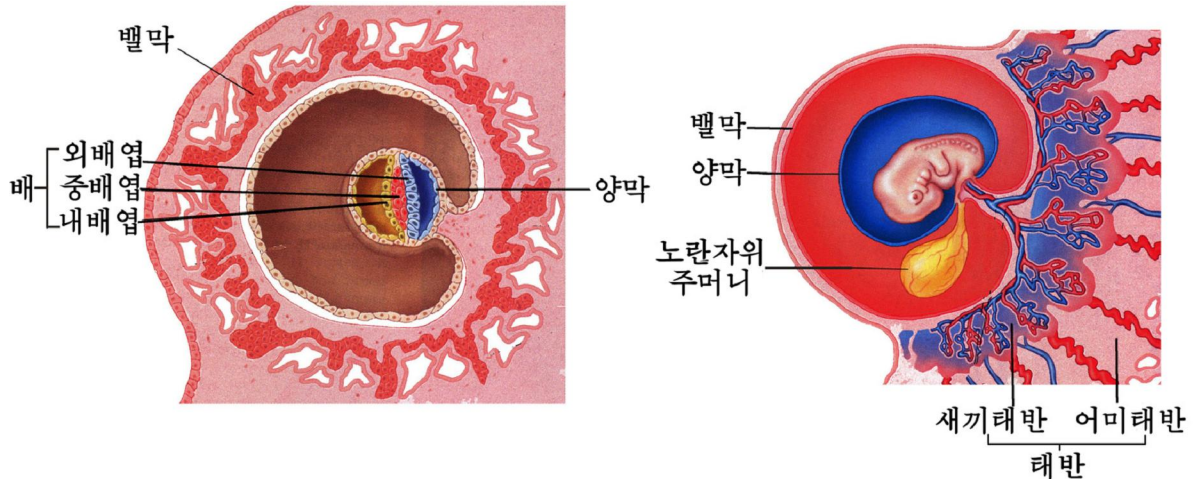



그림 3-26. 젖먹이류의 태반

밀착된 곳에서는 배의 피줄과 어미의 피줄이 발달하여 영양물질과 O_2, CO_2, 배설물을 주고받는다.

젖먹이류의 배에서도 배를 둘러싸고있는 양막이 발달하며 그안에는 양수가 차있다. 그러므로 태아는 양수속에서 안전하게 발육한다.

4. 배후발생

많은 동물의 어린 개체(새끼)는 엄지와 형태구조 및 생활습성에서의 차이가 비교적 작다. 때문에 어린 개체는 뚜렷한 변화없이 점차 자라서 엄지로 된다.

실례로 뱀류, 새류, 젖먹이류 등은 배후발생이 주로 몸이 자라서 커지고 생식기관이 점차 성숙하는것으로 나타난다. 이러한 종류의 배후발생을 **직접발생**이라고 부른다.

어떤 동물의 어린 개체와 엄지는 형태구조와 생활습성에서 뚜렷한 차이가 있다.

실례로 개구리류는 배후발생과정에 형태구조와 생활습성에서 뚜렷한 변화가 있을뿐아니라 이러한 변화가 짧은 기간에 집중적으로 완성된다. 이러한 종류의 배후발생을 **변태발생**이라고 부른다.

1. 동물의 발생을 그림식으로 표시하여라.
2. 양막안의 양수는 어떤 역할을 하는가?

개구리발생

준비

포르말린에 고정한 각이한 발육단계의 개구리알, 현미경, 확대경, 파라핀을 깐 샤레, 스포이드, 시계접시, 해부바늘, 면도칼, 려과종이

※ 개구리알발육표본만들기

갓 낳은 알을 채집하여 수조에 담고 실내온도(18～20℃)에서 3시간, 8시간, 24시간, 2일, 3일, 5일, 7일간격으로 발생시켜 발생과정에 있는 알들을 5～7% 포르말린용액에 고정한다. 고정된 알을 단계별로 시험관에 넣고 마개를 막아 시간과 날자를 표시한다.

방법

1. 알

1) 알무지에서 몇개의 알을 갈라내여 려과종이우에 놓는다. 알이 상하지 않게 스포이드로 묵 같은 막을 빨아들여 없앤다.

2) 드러난 알을 시계접시에 놓고 동물극과 식물극의 크기와 색을 현미경이나 확대경으로 관찰한다.

3) 물이 든 샤레에 알을 넣고 어느 극이 밑으로 향하는가를 관찰한다.

2. 알갈림

알갈림단계에 있는 개구리알을 시계접시에 놓고 현미경이나 확대경으로 이 단계에 따르는 알갈림선을 관찰한다.

3. 포배

1) 포배단계의 알에서 동물극세포와 식물극세포의 크기를 비교관찰한다.

2) 파라핀을 깐 샤레에 알이 절반정도 들어가게 홈을 파고 개구리알을 넣는다. 면도날로 동물극에서 식물극방향으로 세로 자른 다음 포배벽과 포배강을 관찰한다.

4. 주머니배

1) 주머니배단계의 알에서 동물극과 식물극, 노란자위마개를 관찰한다.

2) 파라핀이 든 샤레에 주머니배단계의 알을 놓고 면도날로 세로 자른 다음 원벨, 외배엽, 내배엽을 관찰한다.

5. 신경배

1) 신경배단계의 알에서 신경도랑, 신경뚝, 신경관을 관찰한다.

2) 신경배단계의 알을 골라 파라핀을 깐 샤레에 놓고 면도날로 세로 자른 다음 외배엽, 신경관, 중배엽, 내배엽을 관찰한다.

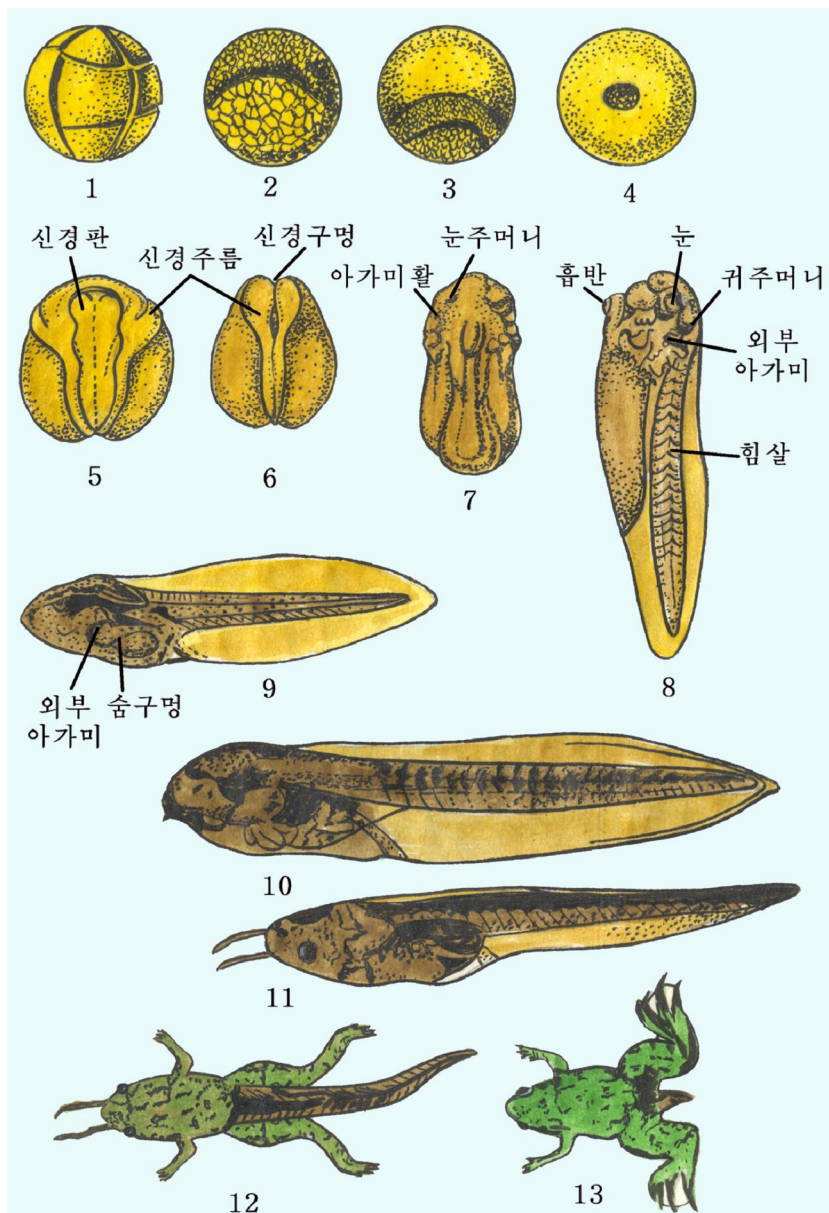



그림 3-27. 개구리의 발육단계

6. 꼬리배

1) 꼬리배단계의 개체에서 머리, 몸뚱이, 꼬리를 관찰한다.

2) 꼬리배를 가로, 세로 자른 면에서 신경관, 소화관, 몸안을 관찰한다.

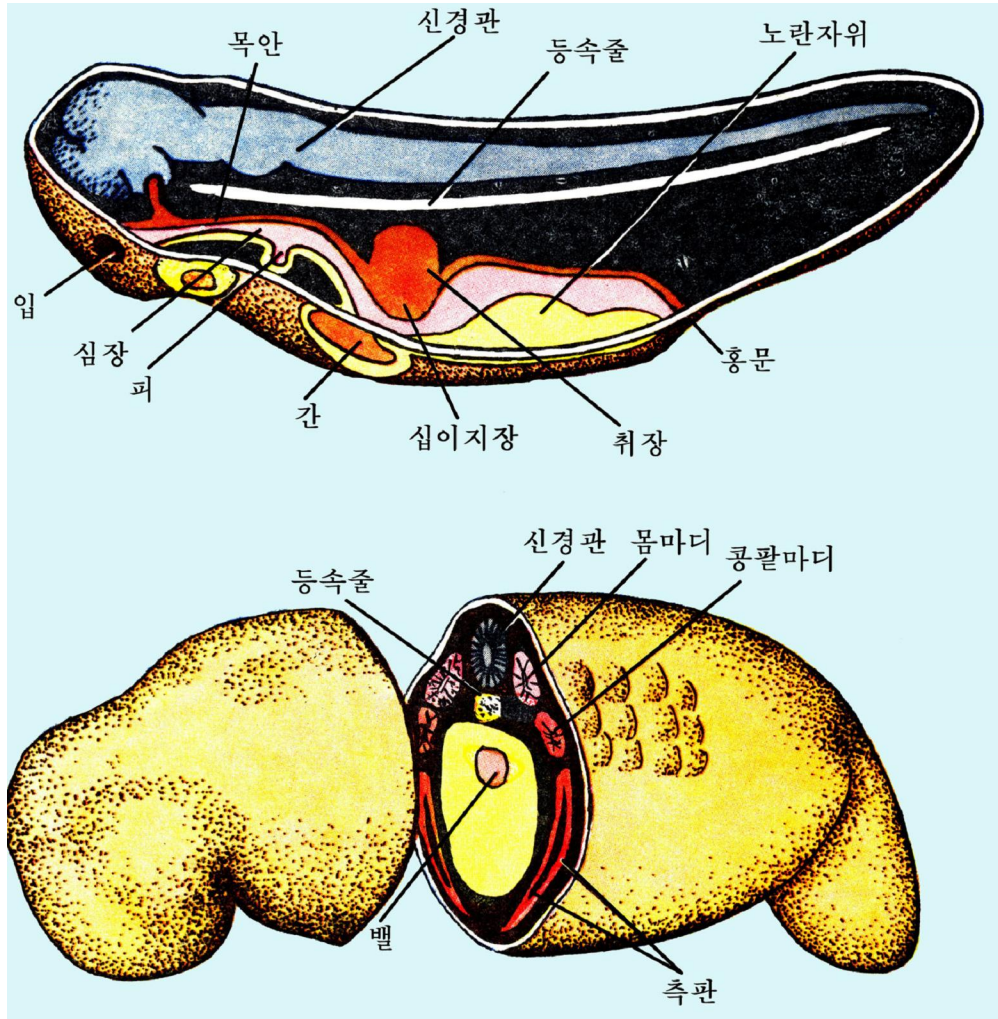



그림 3-28. 꼬리배의 기관형성

분석과 토론

○ 물에 떠있는 알에서 식물극이 밑으로 향하는 리유는 무엇인가?

○ 알갈림이 여러번 진행된 알의 세포크기가 점차 작아지는 리유는 무엇인가?

결과처리

매 관찰방법에 따라 관찰하고 그 결과를 기록한다.

주의할 점

① 겉으로 보이는 특징에 대한 관찰을 기본으로 하면서 일부 내부구조를 관찰하기때문에 직관물을 반드시 리용하여야 한다.

② 먼저 갓낳은 개구리알을 관찰한 다음 발육단계에 따르는 알발육표본을 관찰하여야 한다.

제 4 절. 식물의 개체발생

· 식물의 개체발생은 어떻게 진행되는가?

1. 식물의 배발생

배아의 형성

수정된 란세포는 갈라진다. 첫 분렬에 의하여 세포가 2개로 된다. 그가운데서 한개는 배아형성세포로 되고 다른 한개는 배병형성세포로 된다. 배병형성세포는 거듭 갈라져서 배병을 만들고 배아형성세포는 다시 여러번 갈라져서 싹눈, 싹잎, 싹줄기, 싹뿌리로 이루어진 배아를 형성한다.

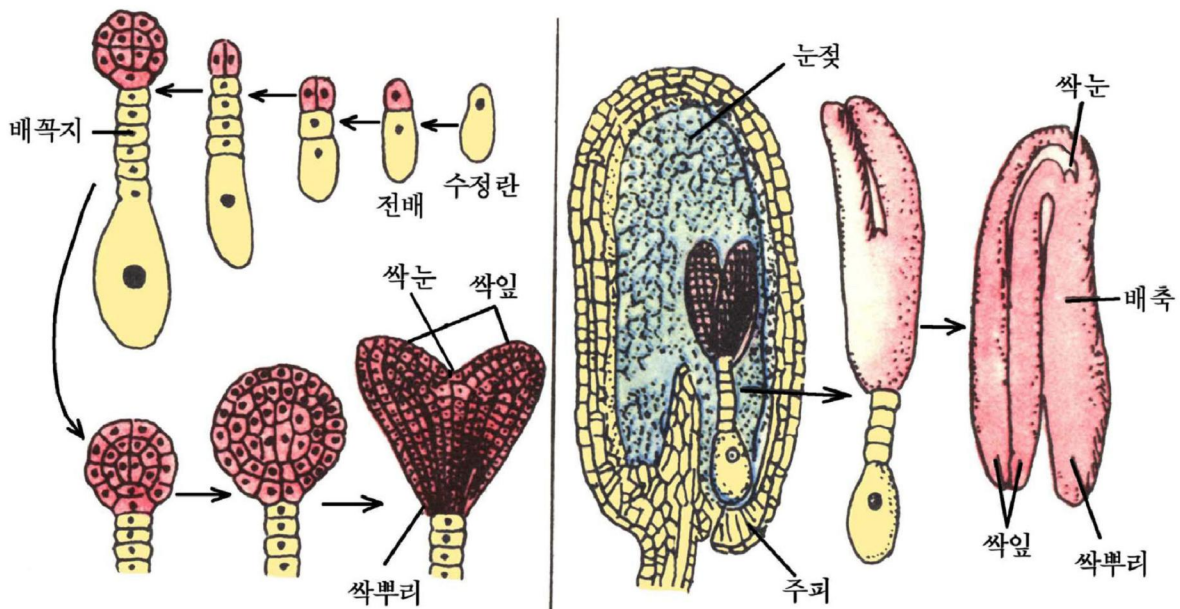



그림 3-29. 속씨식물의 배형성

생각하기

속씨식물에는 두싹잎식물과 한싹잎식물이 있다. 두싹잎식물이나 한싹잎식물에서 배아가 만들어질 때까지의 발생과정은 같다.

○ 두싹잎식물에서는 배아시초조직이 만들어진 후 싹잎의 발생과정이 어떻게 되겠는가?

○ 한싹잎식물에서는 배아시초조직이 만들어진 후 싹잎의 발생과정이 어떻게 되겠는가?

씨앗의 형성

배낭에 형성되였던 조태세포와 반족세포는 다른 세포들에 흡수되여 없어지고 3n의 속눈젖핵은 분렬을 거듭하여 속눈젖으로 된다.

속눈젖은 배아가 자라는데 필요한 영양물질을 대주고 저장하는 조직이다. 그러므로 속눈젖은 배아보다 먼저 생겨서 배아가 발생하는데 필요한 영양물질을 대준다.

배아가 형성된 다음에는 배아가 싹터서 자랄 때 어린 식물의 영양물질로 리용될 당질(주로 농마), 기름질, 단백질 등 저장물질이 축적된다. 이러한 식물의 씨앗을 **눈젖있는 씨앗**, 콩, 오이와 같이 저장물질을 싹잎에 축적하는 씨앗을 **눈젖없는 씨앗**이라고 부른다.

배낭이 발육할 때 배주의 주피는 씨앗껍질(종피)로 변하며 배아와 속눈젖을 보호한다. 이렇게 씨앗이 형성되면 씨앗안의 수분함량은 매우 적어지고 배아는 쉼상태에 들어간다.

열매의 형성

자방안의 배주는 발육하여 씨앗으로 되며 자방과 꽃턱, 꽃받침 등 여러 부분들이 발육하여 열매로 된다.

열매는 씨앗을 보호하며 씨앗을 퍼뜨리는데 도움을 준다.

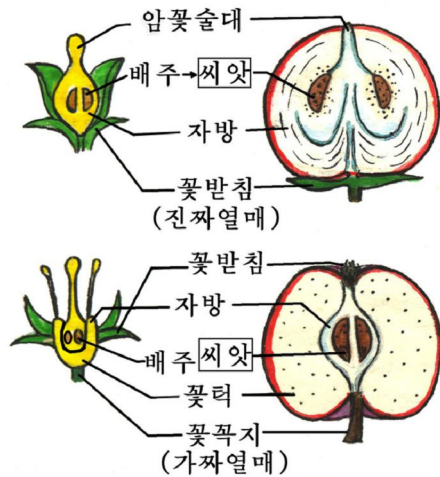



그림 3-30. 열매의 형성

2. 식물의 자라기와 형태형성

배아의 자라기

씨앗에서 쉼상태에 있던 배아는 물기를 비롯한 생활조건이 보장되면 자라기 시작한다.

배아에서 제일먼저 자라는것은 싹뿌리이다.

싹뿌리는 자라서 씨앗껍질을 터치고 밖으로 나온다. 뒤이어 싹잎 또는 싹눈이자라기 시작한다. 완두와 같이 싹잎은 땅속에 남고 싹눈만이 자라서 땅우로 올라오는것을 **땅속형**, 당콩과 같이 싹줄기의 아래부분이 자라면서 싹잎이 땅우로 올라오는것을 **땅우형**이라고 부른다.

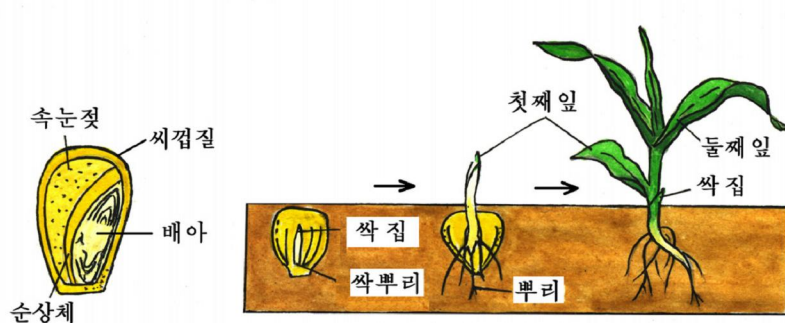



그림 3-31. 눈젖있는 씨앗에서 배아의 자라기(강냉이)

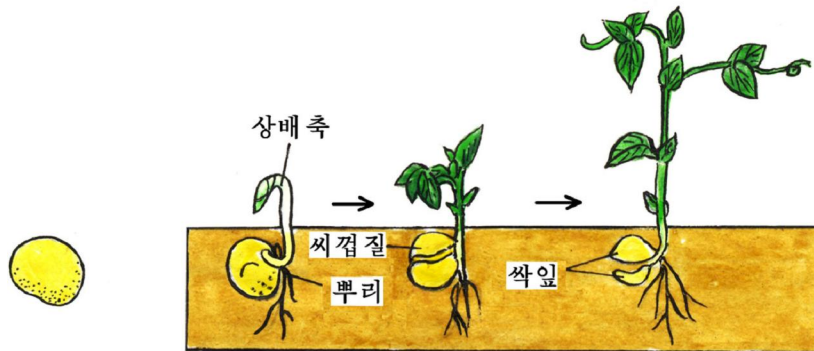



그림 3-32. 눈젖없는 씨앗에서 땅속형배아의 자라기(완두)

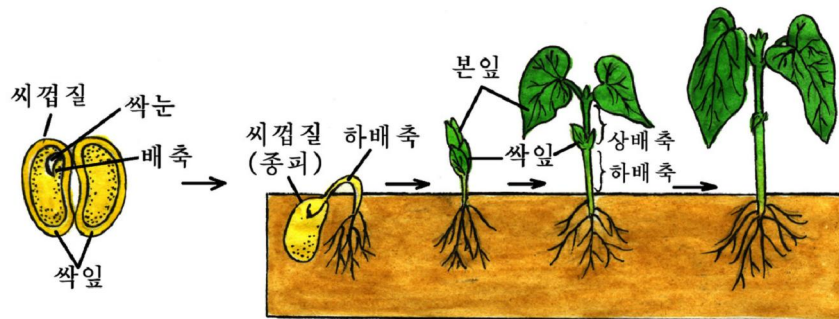



그림 3-33. 눈젖없는 씨앗에서 땅우형배아의 자라기(당콩)

한싹잎식물에 속하는 벼과식물은 싹잎집이 먼저 땅우로 올라오고 그안에서 첫번째 잎이 나온다.

배아가 자랄 때 속눈젖에서는 효소활성이 높아지면서 저장된 영양물질이 분해되며 이것이 자라는 배아의 영양물질로 쓰인다.

배아가 자라는 초기에는 어느 세포나 다 분렬하지만 일정한 정도로 자라면 세포분렬이 멎는다. 다만 줄기의 끝과 뿌리의 끝에 있는 생장점만이 세포분렬을 한다.

식물체의 자라기

식물의 줄기와 뿌리끝에 있는 생장점에서는 세포수가 끊임없이 늘어난다.

식물은 세포수가 늘어남과 동시에 세포가 커지면서 자란다.

생장점으로부터 떨어져있는 세포는 분렬하지 않고 세로방향으로 길게 자란다.

이것은 세포안에서 액주머니가 발달되고 길이도 늘어나면서 체적이 커지기때문이다. 이렇게 세로방향으로 식물이 자라는것을 **1차자라기**라고 부른다.

식물의 줄기와 뿌리에는 **형성층**이라고 부르는 분렬조직이 있다.

형성층의 세포분렬에 의하여 식물이 굵어지는것을 **2차자라기**라고 부른다.

형성층세포의 활동은 계절의 영향을 받으므로 줄기에 식물이 자라는 단계를 나타내는 년륜이 생긴다.

풀식물은 나무식물과는 달리 굵게 자라지 않고 일정하게 자란 다음에는 꽃이 피고 열매를 맺는다.

식물이 자라는 특성을 알기 위하여 자라기속도를 잰다.

자라기속도는 일정한 기간에 자란 식물체 또는 기관들의 체적, 질량, 길이의 상태를 나타낸다.

$$K=\frac{W_2-W_1}{t_0}$$

여기서 K-자라기속도

W_1-처음의 량

W_2-일정한 기간 자란 뒤의 량

t_0-자란 기간(일 또는 시간)

식물의 자라기속도는 식물의 종류, 식물체의 생리적상태, 자란 정도, 자라는 조건에 따라 달라질수 있다.

기관형성

씨앗은 일정한 쉬는 기간을 거친 후 알맞는 조건(온도, 물기, 산소 등)이 지어지면 싹이 튼다.

씨앗이 싹트는것은 배아가 자라면서 여러가지 기관을 만드는 과정이다.

배아는 싹뿌리, 싹줄기, 싹눈, 싹잎들로 이루어진 씨앗속의 어린 식물체이다.

싹틀 때 싹뿌리의 끝에 있는 분렬조직이 갈라지면서 어린 뿌리가 생기는데 그것은 씨앗껍질을 뚫고나와 땅속에 박힌다.

두싹잎식물에서는 이것이 원뿌리로 되고 여기에서 많은 곁뿌리들이 생긴다.

이때 싹눈, 싹줄기가 자라서 가지와 잎, 줄기를 만들면서 우로 자란다.

영양생장기(줄기, 잎, 뿌리의 자라기)가 지나면 생식기관이 분화되고 꽃이 피며 수정이 진행되고 씨앗을 맺는 생식생장기로 넘어간다.

여러해살이식물에서는 일단 생식기관을 만들수 있는 정도로 자라면 해마다 겨울을 난 쉬는눈에서 다시 잎과 가지, 꽃이 생긴다.

1. 식물의 발생을 그림식으로 표시하여보아라.
2. 자라는 식물의 줄기나 뿌리끝을 잘라주면 어떤 현상이 일어나겠는가?
3. 동물과 식물의 기관형성에서 다른 점은 무엇인가?

제 5 절. 사람의 개체발생

· 사람의 개체발생은 어떻게 진행되는가?

배란과 수정

사람의 란자는 직경이 200㎛정도 되는 매우 작은 알이다.

사람의 란자는 란소(알집)겉면에 있는 알쌈(려포)에서 생겨난다. 성숙되지 못한 란자는 알쌈안에 있다가 평균 28일을 주기로 한개씩 차례로 성숙되여나온다.

알쌈이 터지면서 란자가 체강으로 나오는것을 **배란**이라고 부른다.

배란되여나온 란자는 수란관으로 들어가 첫 부분에서 정자와 만나 수정된다.

배란후 터진 알쌈은 누렁체(황체)로 되여 누렁체호르몬을 분비한다.

누렁체호르몬은 자궁점막을 발달시켜 수정된 란자가 붙어서 자랄수 있게 하여준다.

자리잡기(착상)

수정된 란자는 수란관상피의 솜털운동에 의하여 점차 자궁쪽으로 움직여간다.

알갈림은 수정된 다음부터 시작하여 처음에는 성게의 알처럼 고른분렬을 한다.

고른분렬이 몇번 진행된 다음부터는 동물극쪽의 세포분렬이 활발해지면서 파충류나 새류의 배반형성과 비슷하게 된다.

이것은 사람뿐아니라 다른 젖먹이류에서도 볼수 있는 공통적인 현상으로서 젖먹이류가 파충류로부터 기원될 때 물려받은 흔적이라고 본다.

수정된 란자는 수란관을 따라 내려오면서 발육하여 자궁에 이르면 포배로 된다.

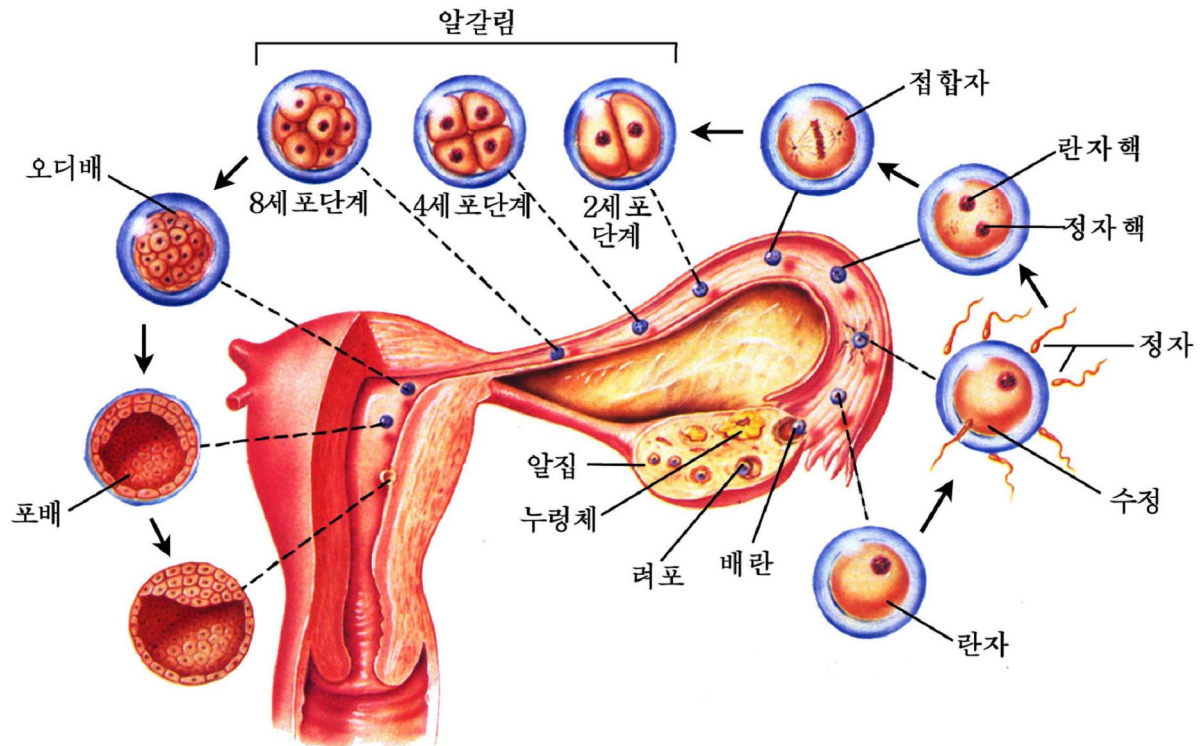



그림 3-34. 사람의 배란과 자리잡기

포배는 부풀어난 자궁점막에 자리잡게 된다.

란자는 배란된 때로부터 자궁점막에 자리잡을 때까지 한주일정도 걸린다.

만일 배란된 란자가 수정되지 못하면 자궁점막에 붙어서 자라지 못한다.

이때 란소에 있던 누렁체는 퇴화되고 누렁체호르몬의 분비가 적어지면서 자궁점막이 파괴되여 달거리(월경)현상이 나타나게 된다.

태반형성

배가 형성된 다음 배의 안쪽에서 양막, 오줌막, 노란자위주머니가 생겨나지만 사람에서는 노란자위주머니와 오줌막이 흔적으로 남고 양막만 발달된다.

양막이 배를 둘러싼 다음 여기에서 떨어져나온 밸막은 크게 자라 밖으로 부들털을 만든다. 이것을 **태아태반**이라고 부른다.

태아태반이 접한 자궁벽에서도 부들털이 생겨 어미태반이 형성된다.

부들털이 서로 밀착되고 여기에 동맥, 실피줄, 정맥이 발달되여 태반이 완성된다.

태아태반과 어미태반은 실피줄벽을 경계로 접하여있으므로 태아의 피와 어미의 피는 섞이지 않는다.

태반은 수정후 4달정도 지나서 완성된다.

태아의 발생

사람의 배에서도 배엽으로부터 기관과 기관계통이 생겨난다.

생각하기

다음의 그림에서 사람의 몸을 이루는 기관과 기관계통들이 어느 배엽에서부터 생기는가를 생각해보아라.

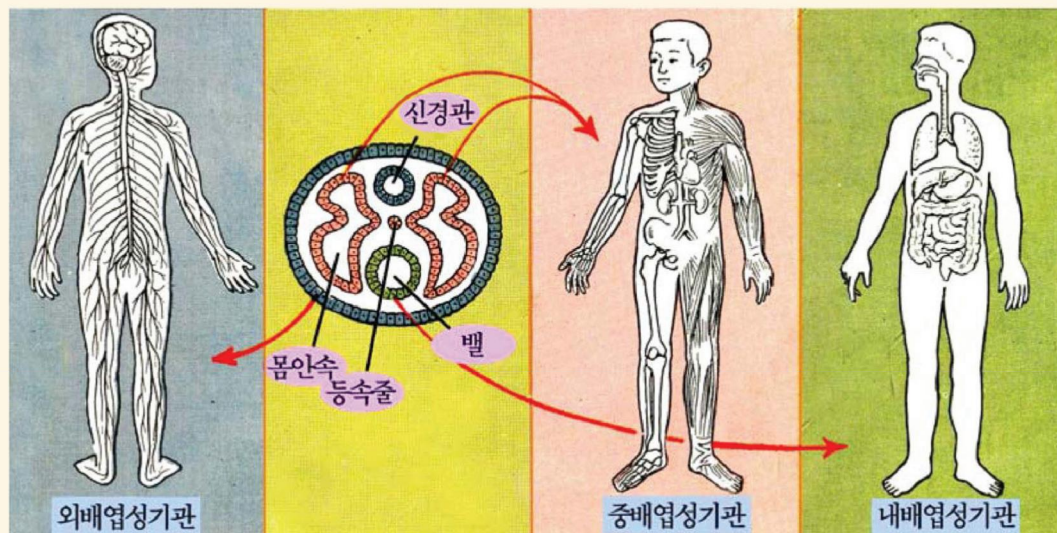



그림 3-35. 사람의 배엽에서 만들어지는 기관

사람의 배는 수정후 3∼6주사이에 외배엽으로부터 중추신경이 제일 먼저 생긴다. 5주일이면 손과 발의 맹아가 생기고 목부분에 아가미구멍이 열리며 꼬리도 생긴다. 배길이는 1cm정도로서 척추동물의 배와 거의 비슷하다. 2개월이면 손과 발이 생기고 3개월이면 기관분화가 기본적으로 끝난다. 이 시기의 배를 **태아**라고 부른다.

태아는 4개월정도 되면 몸길이가 15∼20cm로 자라며 힘살이 생겨나 움직이기 시작한다.

6개월이면 30cm정도로 자라고 8개월이면 피부밑에 기름층이 생기면서 사람의 모습을 기본적으로 갖추게 된다.

태아발육은 10개월(280일)정도 되여야 끝난다.

사람의 태아발육은 28일을 1개월로 계산하며 280일을 10개월로 본다.

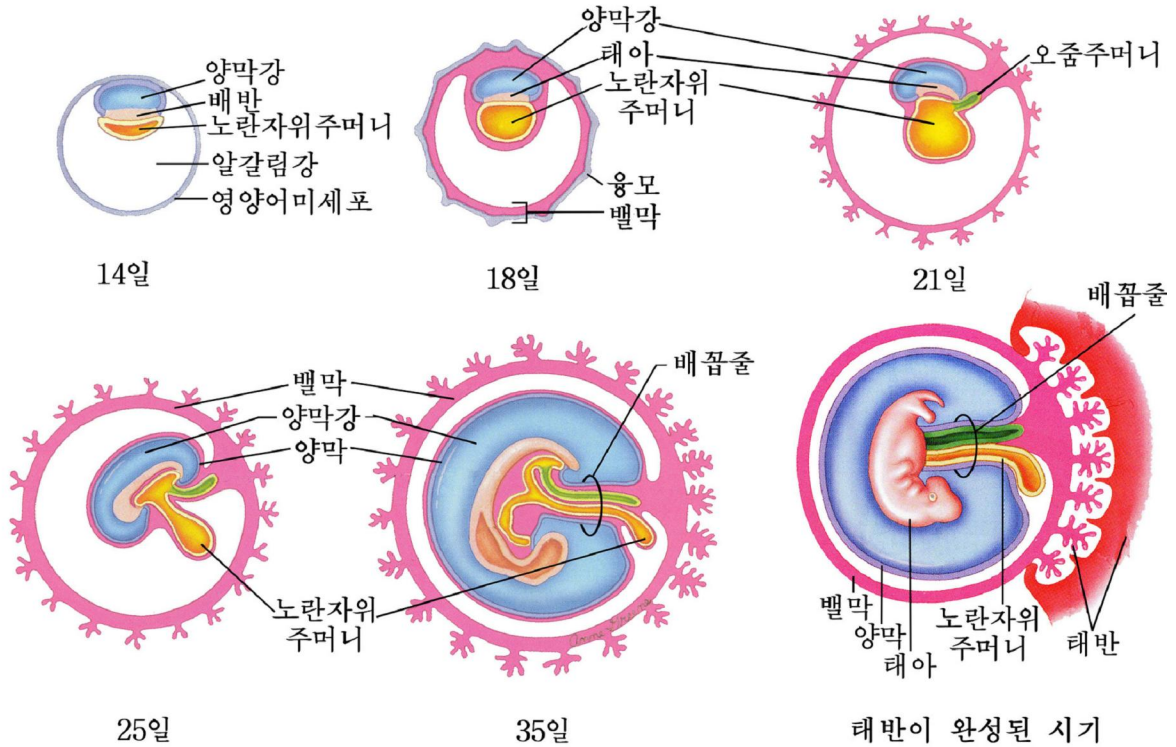



그림 3-36. 태아발육

출생

태아발육이 끝나면 태아를 둘러싸고있던 양막이 터지고 태아는 밖으로 나온다.

뒤이어 태반이 자궁벽에서 떨어져나온다. 아이는 출생할 때 배꼽에 붙은 태줄이 파괴되고 태반의 도움을 받지 못하게 되여 밖에 나와서는 숨을 쉬고 먹는것을 자체로 하지 않으면 안되게 된다.

생각하기

쌍둥이에는 2란성쌍둥이와 1란성쌍둥이가 있다.

2란성쌍둥이는 한번에 2～3개의 란자가 생겨나 각각 수정되여 발육한것이고 1란성쌍둥이는 1개의 란자가 수정되여 알갈림이 진행될 때 2～3개로 완전히 갈라져 제가끔 옹근개체로 발육한것이다.

○ 2란성쌍둥이는 생김새와 생리적특성이 다르며 흔히 성도 다른데 1란성쌍둥이는 생김새와 생리적특성이 비슷하며 흔히 성도 같다. 그 원인은 무엇인가?

○ 1란성쌍둥이인 경우 알갈림에 의하여 생긴 갈림쪽들이 제가끔 옹근개체로 될수 있는 리유는 무엇인가?

1. 란자가 수정된 순간으로부터 자궁점막에 자리잡을 때까지의 과정을 설명하여라.
2. 태아는 태반을 통하여 어떻게 영양을 섭취하고 배설물을 내보내겠는가를 설명하여라.
3. 태아의 피와 어머니의 피가 섞이지 않는 리유는 무엇인가?

발생에 대한 현대적견해

발생이 어떻게 진행되는가 하는것은 먼 옛날부터 사람들의 관심사로 되였다. 하기에 생물학계에서는 한때 생물체의 발생문제를 둘러싸고 《전성설》과 《후성설》이 대두하여 서로 다툴 내기를 하였다.

전성설은 암수성세포의 수정으로 생긴 접합자에 있는 《인자》(유전자)들에 의하여 발생과정이 이미 정해져있다는 견해이고 후성설은 접합자가 자라는 과정에 환경요인의 작용에 의하여 후천적으로 발생과정이 정해진다는 견해이다.

전성설은 멘델의 완두시험에서 꽃색, 씨앗모양을 결정하는 인자가 세포핵에 있으며 모르간의 초파리연구에서 침선거대물들체의 분띠들이 눈색, 날개모양을 비롯한 형질들과 관련되여있다는 자료에 기초하였다.

후성설은 가을밀이 유전자는 있으나 겨울나는 과정과 같은 낮은 온도의 작용을 받아야만 이삭을 형성하고 꽃이 피여 씨앗을 맺는다는것을 증명한 시험자료에 의거하였다.

현대적견해에 의하면 발생은 유전자와 환경요인의 작용에 의하여 진행된다.

즉 생물의 발생은 유전자가 있어야 하고 거기에 몸안 및 바깥요인이 작용하여야 실현된다.

생물의 유전과 변이

형질과 유전자

유전정보와 그의 전달

멘델법칙

련쇄유전

성결정과 성따름유전

유전자의 서로작용

갑작변이

유전병

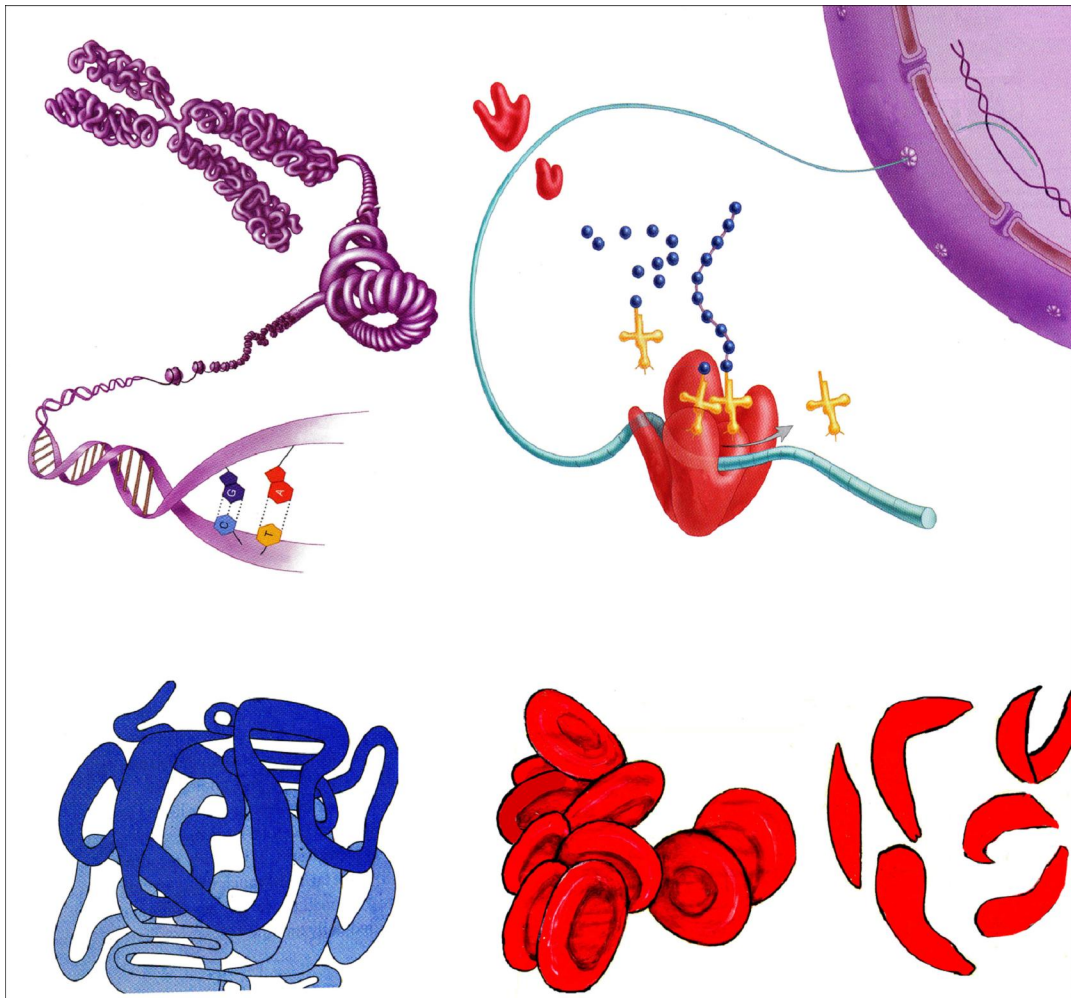
육종

제4장. 생물의 유전과 변이

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《앞으로 생물학분야에서는 유전학을 발전시키는데 큰 힘을 넣어야 하며 육종분야에서는 현대적인 육종방법을 개발하기 위한 연구사업을 강화하여야 합니다.》

생물은 자기를 닮은(유전) 후대를 낳아 대를 이어나간다.

그러나 엄지와 후대, 후대들사이에는 반드시 차이(변이)가 있다.

생물의 유전과 변이의 법칙을 잘 알아야 농작물과 집짐승의 우량한 종자를 만드는 현대적인 육종방법을 개발할수 있다.

제1절. 형질과 유전자

· 형질과 대립형질이란 무엇인가?
· 유전과 변이란 무엇인가?
· 유전물질의 화학적본태는 무엇인가?

1. 형 질

사과나무에 사과가 열리고 벼에는 벼알이 달리며 닭알에서는 병아리가 까나오는 것은 자연의 법칙이다. 생물계에는 닮는 법칙이 있어 사과나무에는 사과가 열리고 닭알에서는 병아리가 까나온다.

그림 4-1. 사람의 귀와 혀의 특징

자기 몸의 몇가지 특징을 살펴보자.

· 눈까풀이 쌍까풀인가 외까풀인가?
· 귀방울이 있는가 없는가?
· 혀의 량쪽을 가운데로 둥글게 오무릴수 있는가 없는가?
· 엄지손가락을 뒤로 굽히는가 굽히지 못하는가?
· 두손을 깍지끼울 때 오른손 엄지손가락이 우에 놓이는가 왼손 엄지손가락이 우에 놓이는가?

생물의 모양과 크기, 질량, 색 같은 특징과 병, 추위, 소금기 등에 견디는 힘 같은 특성을 **형질**이라고 부른다.

눈까풀이 쌍까풀인가 외까풀인가, 귀방울이 있는가 없는가와 같이 하나의 형질에 대하여 쌍을 이루면서 둘이 동시에 나타나지 못하는 형질을 **대립형질**이라고 부른다.

후대가 어미아비를 닮는것 바꾸어 말하면 어미아비의 형질이 후대에 전달되는것을 **유전**이라고 부른다.

후대가 어미아비를 닮는다고 하여 모든 형질을 꼭 닮는가.

어미아비와 후대 그리고 후대들사이에는 반드시 형질의 차이가 나타난다. 이런 현상을 **변이**라고 부른다.

2. 유 전 자

량친의 형질은 생식세포를 거쳐 후대에 유전된다.

생식세포속에 형질이 들어있어 전달되겠는가.

한때 생식세포속에 형질이 들어있어 후대에 전달된다고 생각하였다. 그러나 생식세포속에는 그 어떤 형질도 들어있지 않다.

생식세포속에는 후대에서 형질을 나타나게 하는 물질인 유전물질이 들어있다. 하나하나의 형질을 나타내는 유전물질의 단위를 **유전자**라고 부른다.

생물의 매 형질을 나타내는 요인인 유전자가 있다는것은 1865년 멘델이 처음으로 제기하였다. 그후 1920년대에 유전자는 세포핵속에 있는 물들체에 있다는것이 밝혀졌고 1944년에는 아베리에 의하여 유전물질은 물들체를 이루고있는 DNA라는것이 밝혀졌다.

유전물질이 DNA라는것을 어떻게 밝혔는가.

그림 4-2에서와 같이 페염쌍알균에는 서로 다른 S형균과 R형균이 있다.

형질 종류	협 막	독 성	균무지겉면
S형균	있다.	있 다.	매끈하다.
R형균	없다.	없다.	주름지다.

그림 4-2. 페염쌍알균의 종류와 형질의 차이

생각하기

그림 4-2를 보고 S형균과 R형균의 차이를 찾고 어느것이 특징이고 어느것이 특성인가를 갈라보아라.

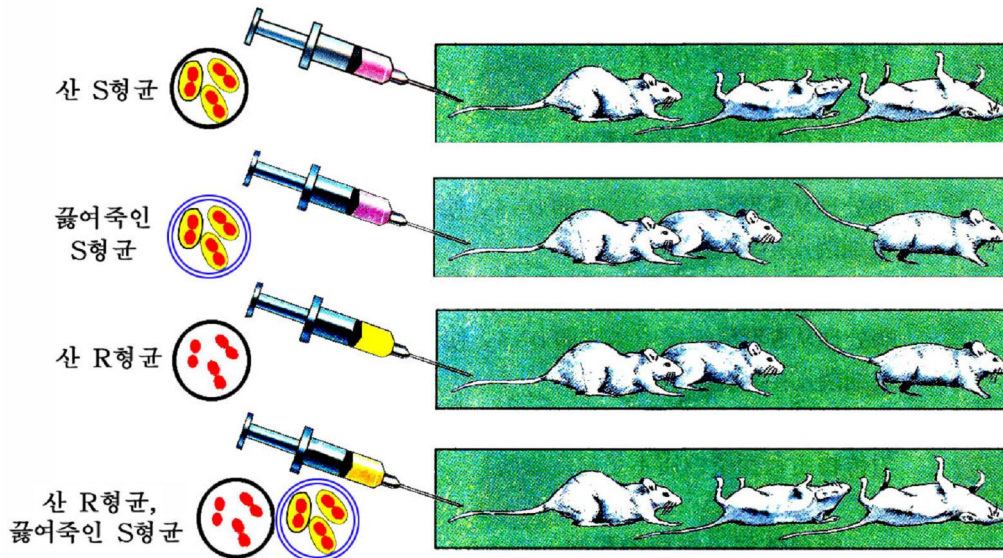



그림 4-3. 페염쌍알균의 형질전환실험

생각하기

○ 그림 4-3에서와 같이 산 S형균을 흰쥐에 주사하면 흰쥐는 앓아죽고 피속에는 산 S형균이 있었다. 끓여죽인 S형균을 흰쥐에 주사하면 어떻게 되겠는가?

○ 산 R형균을 주사하면 어떻게 되겠는가?

○ 산 R형균과 끓여죽인 S형균을 섞어 주사하면 어떻게 되겠는가?

학자들은 끓여죽인 S형균과 산 R형균을 섞어 흰쥐에 주사하면 흰쥐는 앓지 않고 피속에는 산 R형균이 있을것이라고 생각하였다. 그러나 생각과는 달리 흰쥐는 앓아죽었고 피속에는 산 S형균이 있었다. 실험과정에 산 S형균이 들어가지 않았는가를 검토하였으나 산 S형균이 들어가지 않았다.

이번에는 산 R형균과 S형균에서 추출한 DNA를 섞어 주사하였는데 같은 결과가 얻어졌다. 이렇게 되여 산 R형균을 산 S형균으로 변화시킨 요인은 S형균의 DNA라는것을 알게 되였다.

생물의 형질이 DNA에 의하여 변화되는것을 **형질전환**이라고 부른다.

형질전환의 요인이 DNA이라는것은 생물의 형질을 나타내는 요인인 유전물질이 DNA라는것을 보여준다.

해보기

앞에서 본 자기 몸의 5가지 대립형질가운데서 아버지를 닮은 형질과 어머니를 닮은 형질, 아버지도 어머니도 닮지 않은 형질이 어느것인가를 가려보아라.(멘델의 법칙을 배운 다음에는 그 원리를 따져보아라.)

학자들은 산 R형균과 S형균의 DNA를 섞어 흰쥐에 주사하는 실험에 앞서 형질전환의 요인이 죽은 S형균의 단백질인가, DNA인가를 알아보기 위한 실험을 하였다.

○ 효소를 생각하면서 어떤 실험을 하여 형질전환의 요인이 DNA라고 인정하였겠는가?

문 제

1. 형질과 대립형질이란 무엇인가?
2. 유전과 변이란 무엇인가?
3. 형질전환실험을 설명하여라.
4. 유전물질은 어떤 특징을 가지고있는가?

참 고

세계적인 유전학자이며 육종학자인 계응상(1893.12-1967.4)

어려서부터 남달리 향학열이 높았던 계응상선생은 직심스레 공부하여 우수한 성적으로 대학을 나왔지만 해방전 식민지민족의 인테리로서 나라없는 과학자의 설음을 절감하였다.

해방후 어버이수령님의 품에 안기여 재생의 길을 걷게 된 그는 주체35(1946)년 10월부터 **김일성**종합대학에서 후대교육과 과학연구사업에 전심전력할수 있게 되였다.

위대한 수령님께서는 주체35(1946)년 계응상선생을 친히 만나주시고 주체의 과학적신념을 안겨주시였으며 과학자로서의 한생을 빛내여가도록 가르쳐주시고 이끌어주시였다.

선생은 자기의 과학적신념과 실험자료에 기초하여 당시 생물학발전과 농업실천에 저해를 주고있던 《환경유전설》(유전자의 존재를 부인하고 환경요인이 변하면 변이가 일어나고 그대로 후대에 유전된다고 하는 설)을 반대하고 유전자설을 고수하였으며 연구사업을 심화시켜 유전학을 비롯한 생물학발전에 크게 기여하였다.

선생은 육종학자로서 많은 뽕누에품종과 가둑누에품종을 만들어냈으며 세계에서 처음 열대지방에 사는 피마주누에로부터 우리 나라를 비롯한 온대지방에서 겨울을 나는 피마주누에품종을 만들어냈다.

위대한 수령님께서는 선생의 과학연구성과를 높이 평가하시고 주체37(1948)년 9월 그를 우리 나라의 첫 박사로 내세워주시였으며 주체52(1963)년 12월에는 그가 거둔 성과를 널리 알려줄수 있도록 3권으로 된 《계응상선집》을 세상에 내놓도록 은정을 베풀어주시였다.

경애하는 장군님의 크나큰 은정에 의하여 계응상선생의 유해는 애국렬사릉에 안치되였으며 그의 과학업적은 대를 이어 계속 빛나고있다.

유전자의 본래가 DNA라는것을 증명한 아베리

의학자 아베리는 1928년부터 1944년사이에 당시 사람들의 생명을 많이 앗아간 폐염쌍알균에 대한 연구를 진행하였다.

이 과정에 무독성인 R형균이 독성을 가진 S형균의 DNA에 의하여 독성균으로 변화되는 형질전환실험으로 형질전환의 요인인 유전자가 물들체를 이루고있는 단백질이 아니라 DNA라는것을 처음으로 밝혔다. 그러나 당시 유전자의 본태는 단백질이라고 믿고있던 많은 생물학자들때문에 오래동안 인정을 받지 못하였다.

후에야 다른 실험으로 DNA가 유전자의 화학적본태라는것이 확증되여 생물학은 DNA수준에서 생명현상을 연구하는 분자생물학의 시대에 들어서게 되였다.

오늘에는 사람을 비롯한 생물의 게놈을 이루고있는 DNA의 핵산염기배렬순서를 밝히고 그속에 있는 유전자의 자리와 그의 기능을 밝히는 21세기의 최첨단과학분야의 하나인 생물공학의 시대에 들어서게 되였다.

제2절. 유전정보와 그의 전달

- 유전자는 형질을 어떻게 나타나게 하는가?
- 유전정보는 DNA의 어디에 기록되여있는가?
- 유전암호란 무엇이며 유전암호표는 어떻게 보는가?
- 유전정보는 어디서 어떻게 전달되고 번역되는가?

1. 유전자에 의한 형질나타나기

유전자는 효소를 포함한 단백질합성을 통하여 형질을 나타나게 한다. 그러므로 유전자가 변하면 합성되는 단백질의 구조가 변하여 형질이 달라진다.

사람의 붉은피알단백질합성유전자가 변하여 붉은피알의 형질이 변화되는 례를 들면 다음과 같다.

사람의 붉은피알은 헤모글로빈이라는 단백질로 되여있다. 헤모글로빈은 2개의 α사슬과 2개의 β사슬로 되여있다. α사슬은 141개, β사슬은 146개의 아미노산으로 된 펩티드사슬이다.

사람의 붉은피알병가운데는 낫모양붉은피알빈혈증이 있다. 정상붉은피알과 낫모양붉은피알사이의 차이는 그림 4-4와 같다.

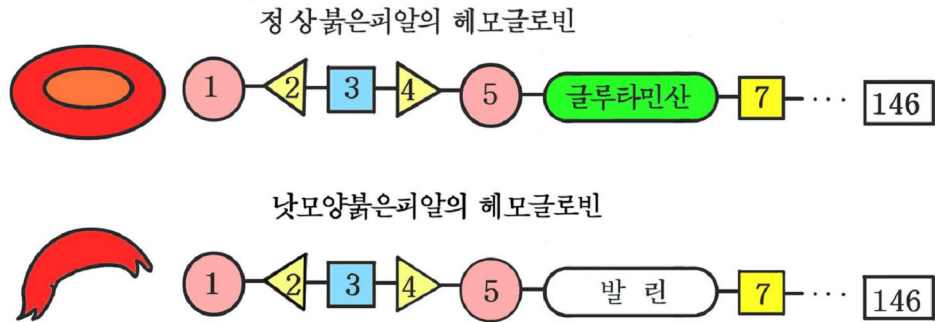



그림 4-4. 붉은피알단백질의 β사슬의 아미노산배렬

정상붉은피알은 앞으로 보면 둥글고 옆으로 보면 아령모양이며 산소운반능력이 있다. 낫모양붉은피알은 앞으로 보면 꽃잎모양이고 옆으로 보면 낫모양이며 산소운반능력이 약하다.

낫모양붉은피알만을 가진 사람은 어려서 죽는다. 이런 형질의 차이가 생기는 원인은 붉은피알단백질의 β사슬의 6번째 아미노산이 달라지는데 있다. 즉 정상붉은피알의 6번째 아미노산은 글루타민산인데 정상유전자가 변화되여 글루타민산이 발린으로 치환되는데 있다.

유전자는 합성되는 단백질의 아미노산배렬순서(단백질의 1차구조)를 결정하여 형질을 나타나게 한다.

2. 유전암호

생물의 세포핵속에 있는 DNA분자안에는 합성되는 단백질의 1차구조를 결정하는 유전자의 총체가 들어있다.

유전자는 DNA분자안의 어디에 어떤 형태로 들어있겠는가.

DNA분자를 이루는 단위인 누클레오티드와 그것들사이의 결합방식은 세균으로부터 사람에 이르기까지 모두 같다. 그러나 유전자나 유전자의 총체는 생물의 종이나 개체들사이에 차이가 있는것만큼 DNA의 구조에서도 차이가 있어야 한다. DNA구조에서의 차이는 DNA를 이루고있는 핵산염기들의 배렬순서속에 있다.

유전자는 DNA를 이루는 핵산염기들의 배렬순서속에 정보형태로 들어있다. 이것은 전신암호문과 비교할수 있다.

단백질을 문장으로 보면 단백질문장을 만드는 글자는 20가지 아미노산이다. 그러므로 단백질문장에 대응하는 암호문장은 20가지 아미노산에 대응하는 암호글자로 만들어야 한다. 암호글자를 만드는 암호는 4가지 핵산염기에 해당한다.

4가지 핵산염기를 몇개씩 무어야 20가지 아미노산에 대응하는 암호글자를 만들수 있겠는가.

2개의 핵산염기가 무어져 하나의 암호글자로 된다면 그 수는 4×4로서 16개밖에 안된다.

2개의 핵산염기가 무어져 하나의 암호글자를 만든다면 그 수는 16개이므로 이런 암호글자로는 단백질문장에 대응하는 암호문장을 만들수 없다. 그 리유는 무엇인가?

3개의 핵산염기가 무어져 하나의 암호글자로 된다면 그 수는 4×4×4로서 64개로 된다. 이것이면 20가지 아미노산에 대하여 평균 3개의 암호글자가 있는것으로 된다.

3개의 핵산염기가 하나의 아미노산에 대응하는것은 실험으로 증명되여 유전암호표가 완성되였다. 3개의 핵산염기가 하나의 아미노산에 대응한다고 하여 3개의 핵산염기를 **《3련체부호》** 또는 **《유전암호》**라고 부른다.

유전암호는 세균으로부터 사람에 이르기까지의 모든 생물에서 공통적이다.

mRNA의 유전암호표 표 4-1

첫째 염기	둘째 염기				셋째 염기
	U(우라실)	C(시토신)	A(아데닌)	G(구아닌)	
U	UUU, UUC } 페닐알라닌 UUA, UUG } 로이신	UCU, UCC, UCA, UCG } 세린	UAU, UAC } 티로신 *UAA(마감) *UAG(마감)	UGU, UGC } 시스테인 *UGA(마감) UGG 트립토판	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } 로이신	CCU, CCC, CCA, CCG } 프롤린	CAU, CAC } 히스티딘 CAA, CAG } 글루타민	CGU, CGC, CGA, CGG } 아르기닌	U C A G
A	AUU, AUC, AUA } 이소로이신 AUG*메티오닌(시작)	ACU, ACC, ACA, ACG } 트레오닌	AAU, AAC } 아스파라긴 AAA, AAG } 리진	AGU, AGC } 세린 AGA, AGG } 아르기닌	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUC } 발린	GCU, GCC, GCA, GCG } 알라닌	GAU, GAC } 아스파라긴산 GAA, GAG } 글루타민산	GGU, GGC, GGA, GGG } 글리신	U C A G

※ 유전암호표를 보는 방법

유전암호가 AUG라는것은 첫 염기가 A, 두번째가 U, 세번째가 G라는것이며 이것에 대응하는 아미노산은 메티오닌이다.

《AUG*》는 모든 단백질이 합성될 때 첫 유전암호가 공통적으로 AUG라는것이고 《*UAA》, 《*UAG》, 《*UGA》라는것은 대응하는 아미노산이 없이 단백질합성이 끝나는 암호이다.

3. 유전정보의 전달

세포핵안에 있는 DNA에 암호형태로 적혀있는 정보대로 세포질에 있는 리보체에서 단백질이 합성되는 과정을 **유전정보의 전달**이라고 부른다.

리보체에서 합성되는 단백질의 아미노산배렬순서를 핵안에 있는 DNA분자가 어떻게 결정하는가.

유전정보의 전사

어떤 단백질을 합성하라는 신호가 생기면 먼저 해당한 단백질합성과 관련된 DNA 부분에 효소가 작용하여 DNA의 두오리사슬이 풀린다. 다음 RNA합성효소의 작용으로 풀린 두오리사슬가운데서 한오리를 형타로 하여 상보적으로 RNA가 합성된다.

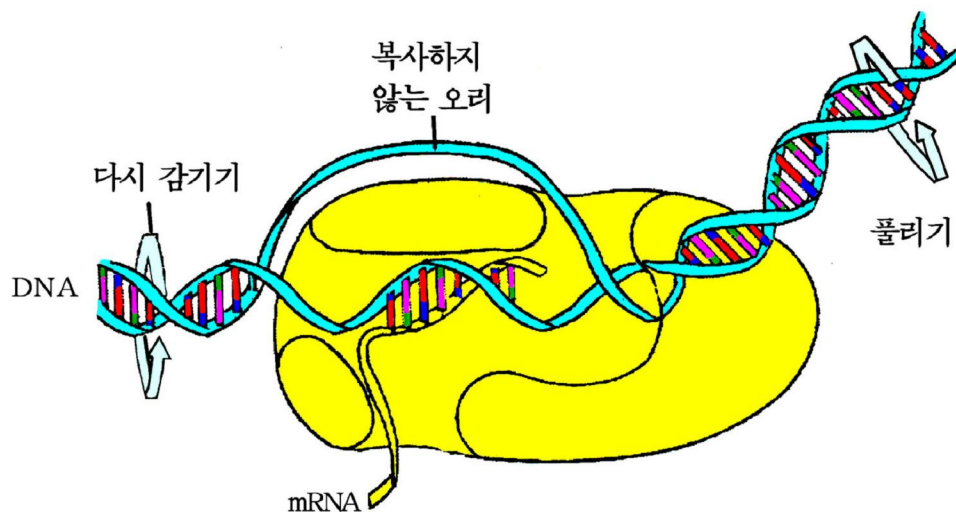



그림 4-5. 유전정보의 전사 - mRNA의 합성

※ RNA의 상보적합성이란 형타로 되는 DNA사슬의 핵산염기가 A이면 U, T이면 A,G이면 C, C이면 G로 된 RNA가 합성되는것을 말한다.

세포핵안에서 DNA분자의 한오리를 형타로 하여 합성되는 RNA를 정보리보핵산(mRNA)이라고 하며 mRNA가 합성되는것을 **유전정보의 전사**(옮겨베끼기)라고 부른다.

합성된 mRNA는 세포질로 나와 리보체와 결합하여 자기에게 있는 핵산염기배렬순서(유전암호)대로 합성되는 단백질의 아미노산이 놓이도록 한다.

유전정보의 번역—단백질합성

핵안에서 DNA를 형타로 하여 합성된 mRNA의 유전암호대로 리보체에서 단백질이 합성되는것을 **유전정보의 번역**이라고 부른다.

단백질합성신호가 생기면 세포질에서는 아미노산을 리보체에로 나르는 RNA인 운반RNA(tRNA)가 ATP의 에네르기를 리용하여 아미노산활성화효소의 도움으로 자기에게 맞는 아미노산과 결합한다.

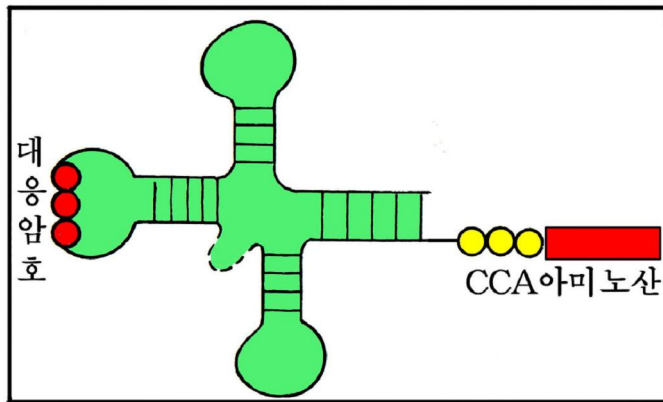



그림 4-6. 아미노산과 결합된 tRNA

※ tRNA의 한쪽 끝에는 mRNA의 유전암호와 상보적으로 대응하는 암호가 있고 반대쪽에는 mRNA의 유전암호에 대응하는 아미노산이 결합된다.

핵안에서 합성된 mRNA는 세포질로 나와 리보체와 결합한다.

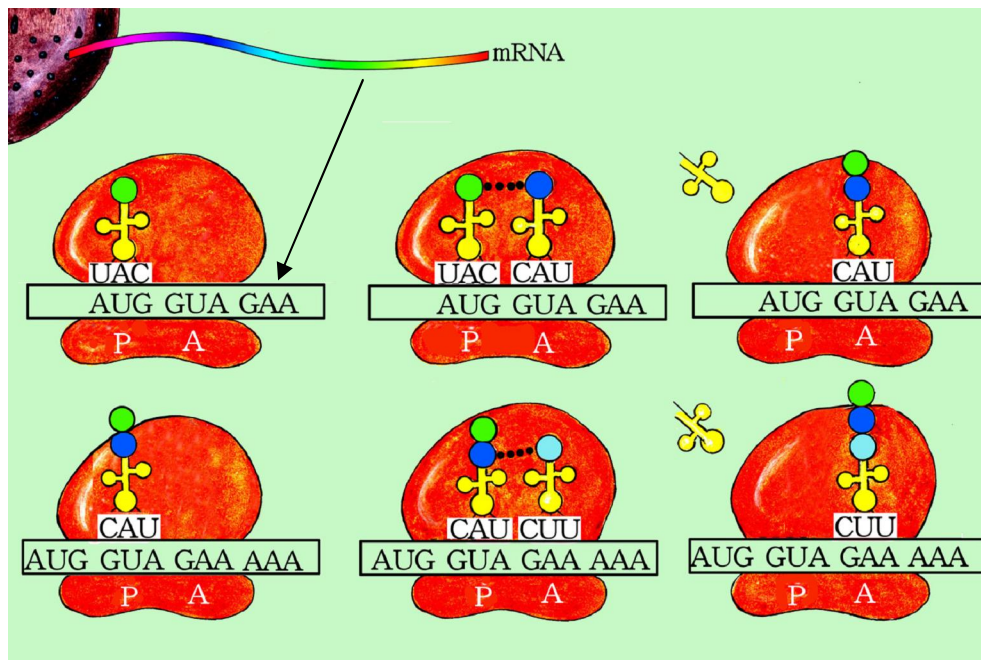
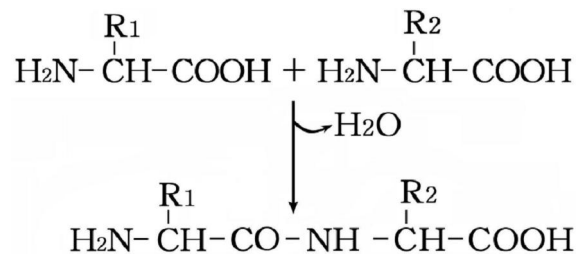



그림 4-7. 리보체에서 단백질합성

리보체에는 mRNA와 tRNA가 결합하는 자리(P와 A자리)가 있다. 리보체의 P자리에 mRNA의 첫 암호인 AUG가 결합되면 이에 대응한 유전암호(UAC)를 가진 메티오닌과 결합한 tRNA가 자리잡는다. 다음 리보체의 A자리에 있는 mRNA의 두번째 유전암호에 대응한 암호를 가진 tRNA가 A자리에 들어온다. 그러면 P자리의 메티오닌의 카르복실기와 A자리에 있는 두번째 아미노산의 아미노기사이에 펩티드결합을 한다.

두 아미노산사이에 펩티드결합이 이루어지면 P자리에 있던 tRNA는 리보체밖으로 나가고 리보체는 움직여 A자리에 있던 유전암호가 P자리에 온다. 다음 비여있는 A자리에는 mRNA의 3번째 유전암호에 대응한 아미노산과 결합된 tRNA가 자리잡는다. 그러면 두 아미노산사이에 펩티드결합이 이루어진다.

이런 과정이 계속되여 mRNA의 유전암호수만 한 아미노산이 차례로 결합되여 폴리펩티드를 만든다.

mRNA의 끝에는 유전암호표에 있는 마감유전암호(UAA, UAG, UGA)가운데서 어느 하나의 암호가 있어 펩티드결합은 끝난다. 합성된 폴리펩티드는 리보체에서 떨어져나와 고차구조를 이루어 자기의 고유한 단백질로 된다.

○ 헤모글로빈을 이루는 287개의 아미노산가운데서 하나의 아미노산이 치환되여도 낫모양붉은피알빈혈증이라는 심각한 형질의 변이가 일어난다. 모든 단백질에서 하나의 아미노산의 변화가 형질변화에 이렇게 큰 영향을 미치겠는가?

○ 유전암호표를 보면 메티오닌과 같이 대응하는 유전암호가 하나밖에 없는것도 있고 히스티딘과 같이 둘인것, 프롤린과 같이 넷인것, 로이신과 같이 여섯인것도 있다. 유전암호가운데서 어디에 있는 핵산염기가 제일 변하기 쉬운가를 생각해보아라.

1. 유전자는 형질을 어떻게 나타나게 하는가?
2. DNA분자를 이루는 한쌍의 누클레오티드의 분자량은 660이다.
   분자량이 3×10^{12}인 DNA에는 몇개의 유전암호가 있겠는가, 평균 500개의 아미노산으로 된 단백질분자에 해당한 유전자는 얼마나 들어있는가?
3. 핵산염기배렬순서가 AUGGUUCAUCUCACUCCUGAAGAAAAG인 mRNA를 펩티드사슬로 번역하여라.
4. 문제 3에 제시된 mRNA를 보고 그의 형타로 된 DNA사슬의 핵산염기배렬순서를 결정하여라.

제3절. 멘델법칙

· 우성 및 분리법칙과 그 물림새는 어떻게 되여있는가?
· 독립법칙과 그 물림새는 어떻게 되여있는가?

유전학자 멘델은 완두를 실험재료로 섞붙임실험을 하여 1865년 자기가 발견한 우성법칙, 분리법칙, 독립법칙을 발표하였으나 1900년에야 세계에 알려졌다.

기호약속

어미아비	P	짝씨	g
후대	F	짝붙임, 섞붙임	×
잡종 1 대, 잡종 2 대	F_1, F_2	×의 왼쪽은 어미, 오른쪽은 아비	

1. 우성법칙

멘델은 완두의 알색이 노란것과 풀색인것, 알모양이 둥근것과 쭈근것을 비롯하여 7쌍의 대립형질들이 잡종1대에서 각각 어떻게 나타나겠는가를 알아보기 위하여

메 쌍의 대립형질을 가진 어미아비를 인공적으로 섞붙임하고 잡종1대의 형질을 조사하였다.

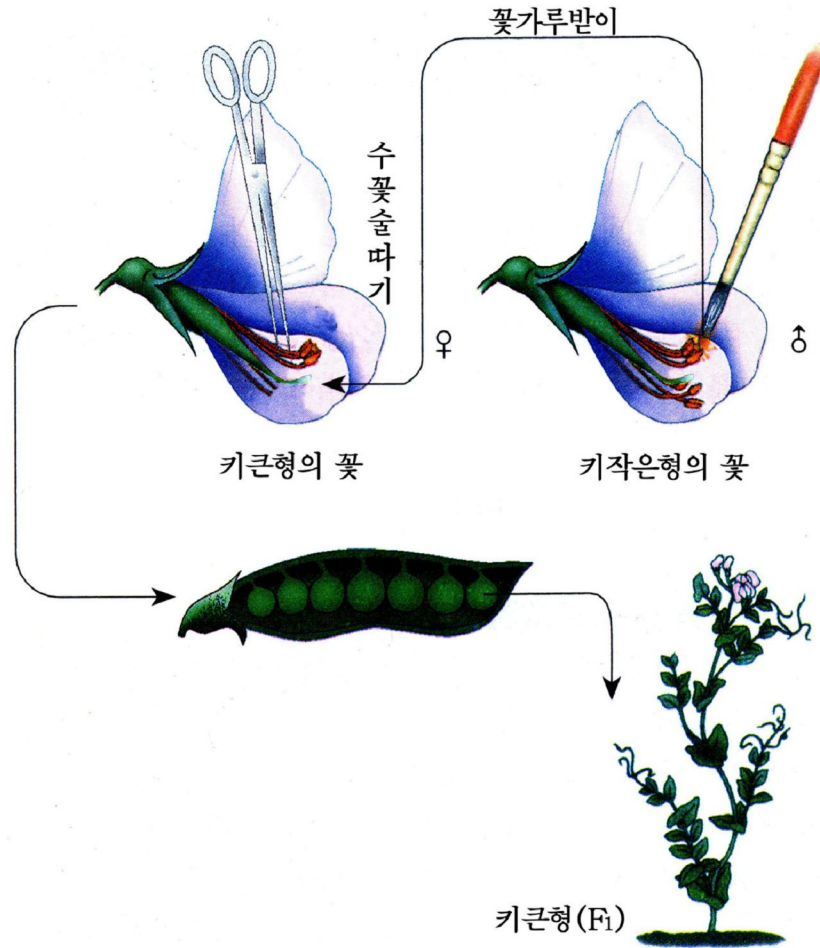



그림 4-8. 완두의 인공섞붙임

※ 암수가 수정되는것을 **짝붙임**, 한쌍이상의 대립형질을 가진 어미아비 또는 품종사이의 짝붙임을 **섞붙임**이라고 부른다.

잡종1대에서는 어느 경우나 한쌍의 대립형질가운데서 어느 하나의 형질만 나타나고 다른 하나의 형질은 나타나지 않는다. 이런 현상은 어미아비를 바꾸어 섞붙임시켜도 같다. 잡종1대에서 나타나는 형질을 **우성형질**, 나타내지 못하는 형질을 **렬성형질**이라고 부른다.

※ 우성형질과 렬성형질이란 잡종1대에서 나타나는가 나타나지 않는가 하는것을 의미할뿐 우성형질이 렬성형질보다 우월하다는 뜻은 아니다.

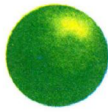
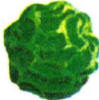
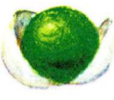
대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임한 잡종1대에서 우성형질만이 나타나는것을 **우성법칙**이라고 부른다.

구분	콩알모양	콩알색	종자껍질색	콩꼬투리모양	콩꼬투리색	꽃자리	키
우성형질	둥근형	노란색	재색	미끈한형	풀색	아귀	큰형
렬성형질	쭈근형	풀색	흰색	잘룩한형	노란색	줄기끝	작은형

그림 4-9. 완두에서 7쌍의 대립형질

사람의 몇가지 대립형질 표 4-2

형질	우성형질	렬성형질
눈까풀	쌍까풀	외까풀
귀방울	있는것	없는것
혀의 량쪽을 가운데로 둥글게 오무리기	오무리는것	오무리지 못하는것
엄지손가락을 뒤로 굽히기	굽히지 못하는것	굽히는것
두손을 깍지끼울 때	오른손 엄지손가락이 우에 놓이는것	왼손 엄지손가락이 우에 놓이는것

동식물의 몇가지 대립형질 표 4-3

동식물의 종류	형질	우성형질	렬성형질
벼	낟알의 질	메질	찰질
강냉이	알색	노란색	흰색
	알모양	볼록형	쭈근형
	낟알의 질	메질	찰질
토끼	털색	검은색	흰색
닭	깃색	만경닭의 흰색	검은색
		장수닭, 만수닭의 검은색	흰색
노랑초파리	눈색	붉은색	흰색
	날개모양	정상날개	흔적날개
		정상날개	잘라진 날개

2. 분리법칙

멘델은 잡종1대를 심어 얻은 잡종2대에서 형질이 어떻게 나타나는가를 조사하였다. 결과 7쌍의 대립형질모두에서 우성형질과 함께 렬성형질을 가진 개체들이 나타났다. 그리고 그 비률은 우성형질을 가진 개체: 렬성형질을 가진 개체=3:1이였다.

대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임한 잡종2대에서 우성형질과 렬성형질을 가진 개체들이 3:1의 비률로 생기는것을 **분리법칙**이라고 부른다.

우성 및 분리법칙의 물림새는 무엇인가.

멘델은 우성 및 분리법칙대로 형질이 나타나는것은 생물의 세포에 그것을 나타나게 하는 인자인 유전자가 있기때문이라고 하였다.

유전자는 다음과 같은 특성을 가진다.

① 유전자에는 우성형질을 나타나게 하는 우성유전자와 렬성형질을 나타내는 렬성유전자가 있다.

② 유전자는 몸세포에 쌍으로 있으며 짝씨가 만들어질 때에는 반드시 갈라진다.

③ 몸세포에 우성유전자와 렬성유전자가 있으면 우성유전자만 자기의 형질을 나타낸다.

※ 우성유전자는 영어대문자, 렬성유전자는 영어소문자로 표시한다.

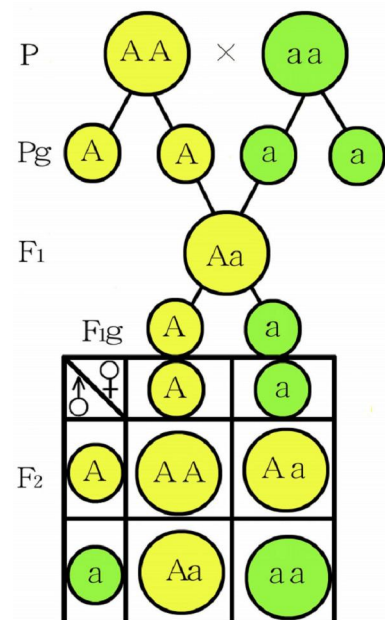
완두알색유전의 물림새는 그림 4-10과 같다.

유전자의 특성 ①에 의하여 노란색완두는 AA, 풀색완두는 aa유전자를 가진다. 이런 어미, 아비를 섞붙임하면 유전자의 특성 ②에 의하여 짝씨는 각각 A와 a유전자를 가지게 된다. 이 짝씨들이 수정되여 Aa형의 잡종1대가 된다. Aa형은 유전자의 특성 ③에 의하여 우성유전자 A만이 자기작용을 나타내여 우성인 노란색완두가 된다. 같은 원리에 의하여 잡종1대의 암수에서는 각각 A와 a유전자를 가진 짝씨들이 만들어진다. 이 암수짝씨들이 자유로이 만나 수정되면 잡종2대는 AA:2Aa:aa로 된다. 결과 노란색과 풀색 즉 우성형질을 가진 개체와 렬성형질을 가진 개체는 3:1로 분리된다.

그림 4-10. 우성 및 분리법칙의 물림새

※ 유전자들이 AA, Aa, aa와 같이 몸세포가 어떤 유전자들로 이루어져있는가를 나타내는 유전자의 조성을 **유전자형**, 겉으로 나타나는 형질을 **나타난형**이라고 부른다.

AA, aa와 같이 우성이나 렬성유전자로만 된 개체를 **같은형접합체**(순계, 순종), Aa처럼 우성과 렬성유전자로 된 개체를 **다른형접합체**(잡종)라고 부른다.

한쌍의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임한 잡종2대에서 우성과 렬성형질을 가진 개체들이 3:1로 분리되는것은 나타난형의 분리비이고 유전자형의 분리비는 1:2:1이다.

3. 독립법칙

멘델은 두쌍이상의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임하면 후대에서 형질들이 어떻게 유전되는가를 알아보기 위하여 두쌍의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임하였다.

※ 한쌍의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임하는것을 **한형질섞붙임**, 두쌍이상의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임하는것을 **여러형질섞붙임**이라고 부른다. 어미아비를 섞붙임하면 실제로는 많은 쌍의 대립형질이 참가하나 연구자가 주목하는 대립형질의 쌍수를 보고 한형질섞붙임, 여러형질섞붙임이라고 부른다.

그림 4-11. 완두에서 알색과 알모양의 유전

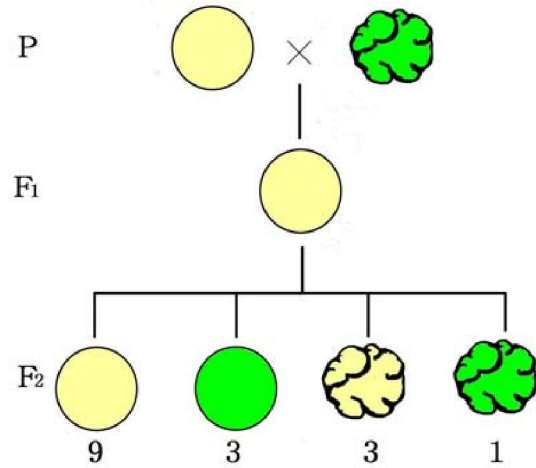
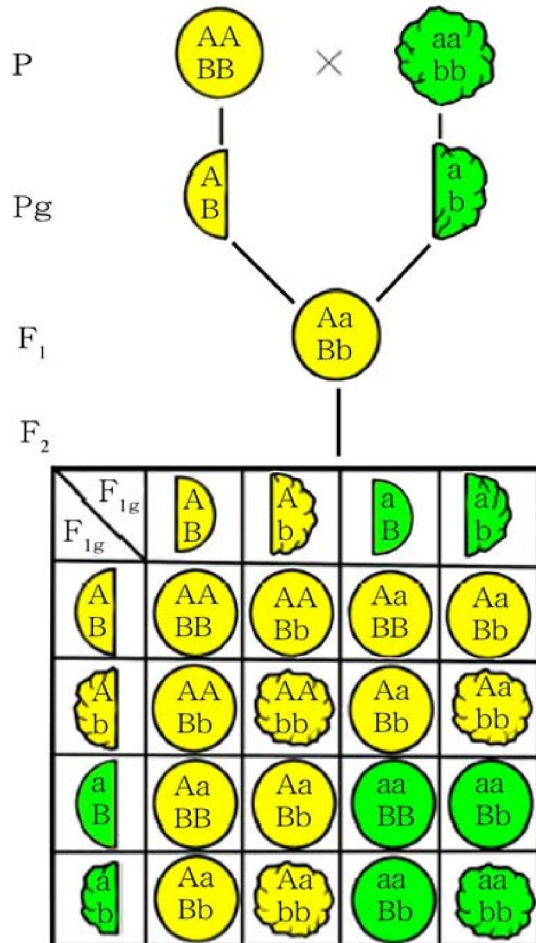
완두에서 알색은 노랗고 알모양이 둥근계통의 개체와 풀색이고 쭈근계통의개체를 섞붙임하였을 때 그림 4-11에서와 같이 잡종1대에서는 우성형질들인 노랗고 둥근콩알이 달리고 잡종2대에서는노랗고 둥근것, 노랗고 쭈근것, 풀색이고 둥근것, 풀색이고 쭈근것이 각각 9:3:3:1의 비률로 분리된다.

잡종2대에서 콩알의 색과 모양의 분리비는 각각 얼마인가?

그림 4-12. 독립법칙의 물림새

두쌍이상의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임하면 매 쌍의 대립형질은 다른 쌍의 대립형질과 관계없이 독립적으로 유전된다. 즉 매 쌍의 대립형질은 각기 우성 및 분리법칙대로 유전된다. 이것을 **독립법칙**이라고 부른다.

독립법칙의 물림새는 무엇인가.

그것은 두쌍이상의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임할 때 매 쌍의 대립유전자들이 서로 독립적으로 갈라져 짝씨로 가는것이다.

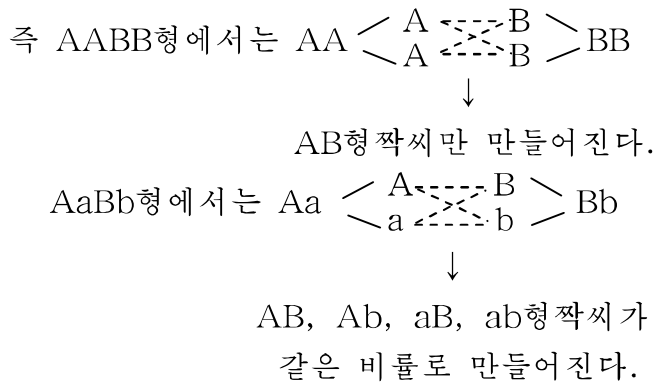
즉 AABB형에서는 AA ＜ A, A ··· B, B ＞ BB

↓

AB형짝씨만 만들어진다.

AaBb형에서는 Aa ＜ A, a ··· B, b ＞ Bb

↓

AB, Ab, aB, ab형짝씨가 같은 비률로 만들어진다.

이러한 잡종1대의 암수짝씨들이 자유로이 수정되여 잡종2대를 만들면 그림 4-12에서와 같이 노랗고 둥근형(AABB, 2AaBB, 2AABb, 4AaBb), 노랗고 쭈근형(AAbb, 2Aabb), 풀색이고 둥근형(aaBB, 2aaBb), 풀색이고 쭈근형(aabb)이 9:3:3:1로 분리된다.

- 그림 4-12에서 나타난형이 같은것들을 찾아보아라.
- 같은형접합체와 다른형접합체를 찾아보아라.
- 우성유전자수는 어떻게 분포되여있는가를 찾아보아라.

이와 같이 멘델은 처음으로 생물의 형질은 유전자에 의하여 나타난다는 유전의 근본원리를 밝혔다.

멘델의 법칙은 서로 다른 유전자형을 가진 개체들을 섞붙임하여 새로운 유전자형을 가진 개체들을 만들어낼수 있다는 섞붙임육종법의 유전학적원리를 밝혀주었다.

해보기

○ 강냉이알을 놓고 알색과 알모양에서 대립형질을 가려보아라.

○ 완두알을 보고 알색이 노란것과 풀색, 둥근것과 쭈근것, 노랗고 둥근것과 노랗고 쭈근것, 풀색이고 둥근것과 풀색이면서 쭈근것을 가려보아라.

○ 3쌍의 대립형질을 가진 어미아비를 섞붙임한 F_2에서 나타난형과 유전자형의 분리비를 알아보아라.

자료분석

멘델이 유전법칙을 발견한 비결

멘델이 유전의 법칙을 발견할수 있은 비결은

첫째로, 실험재료로 완두를 선택한것이고

둘째로, 뚜렷한 7쌍의 대립형질을 고른것이며

셋째로, 잡종후대들을 포기별로 조사하고 그 자료를 수학적으로 처리한데 있다.

○ 이 세가지가 성공의 비결로 될수 있는것은 무엇이겠는가?

문 제

1. 우성법칙과 분리법칙이란 무엇이며 그 물림새는 무엇인가?
2. 어떤 형질을 우성 또는 렬성형질이라고 하는가?
3. 같은형접합체와 다른형접합체는 어떻게 다른가? 같은형접합체와 다른형접합체를 가려보아라.

   Aabb, aabb, aaBB, aaBb, AAbbCC, AabbCC, AaBbCc, aabbcc, aaBBcc, AAbbCc
4. 나타난형과 유전자형이 서로 다른 경우의 리유는 어디에 있는가?
5. 완두와 강냉이는 어떤 꽃가루받이식물인가, 완두와 강냉이를 각각 섞붙임하여 F_2를 얻으려면 어떻게 하여야 하는가?
6. 어느 학생의 부모는 다 쌍까풀눈인데 그 학생은 외까풀눈이고 동생은 쌍까풀눈이다. 어떻게 되여 이렇게 되였는지 유전자식을 세워 설명하여라.

참 고

멘델과 멘델법칙의 재발견

멘델은 수학교원을 하다가 그만두고 체스꼬의 부류이라는 도시에서 수도원의 사제로 있었다. 그는 사제로 있으면서 여러해동안 완두를 가지고 섞불임실험을 하여 유전의 기초법칙인 우성법칙과 분리법칙, 독립법칙을 발견하고 그 물림새를 밝히였다.

멘델은 자기의 실험결과를 1865년에 발표하고 《식물잡종에 관한 연구》라는 론문을 써냈다. 그러나 당시 사람들은 멘델의 연구성과의 본질과 그 의의를 몰랐다.

멘델이 유전법칙을 발견한지 35년이 지난 1900년에 이르러 세 나라의 세 학자들에 의하여 그의 법칙이 알려지고 과학계의 인정을 받게 되였다. 이렇게 되여 멘델의 법칙은 재발견되였다.

련습

멘델법칙

1. 완두에서 알색이 노랗고 모양이 둥근계통(AABB)과 풀색이고 쭈근계통(aabb)을 섞불임하여 노랗고 쭈근계통(AAbb)을 만들어라.

풀이

어미아비로 쓸 개체들을 심어 꽃봉오리가 생기면 제수정하기 전에 암꽃으로 쓸 개체의 꽃잎을 헤치고 수꽃술을 따버린다. 수꽃으로 쓸 꽃에서 꽃가루를 가져다 인공꽃가루받이를 시킨다. F_1을 심어 F_2를 얻는다.

F_2의 나타난형은 4가지이다. 여기서 목적하는 형질을 가진 노랗고 쭈근개체들만 고른다. 그러면 같은형접합체와 다른형접합체가 1:2의 비률로 섞여있다. F_2에서 고른것들을 한알씩 따로따로 심어 F_3을 얻는다. F_2에서 유전자형이 같은형접합체로 된

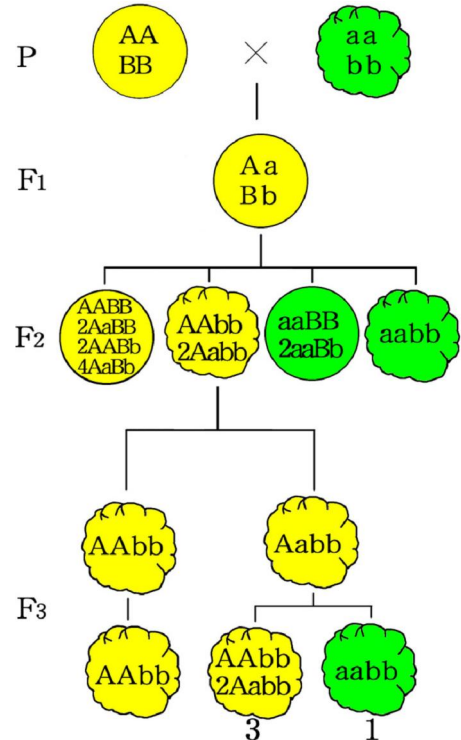



그림 4-13. 완두에서 새 계통만들기

개체에서는 F_3에서 형질의 분리가 일어나지 않는다. 즉 모두 노랗고 쭈근 콩알만 생긴다. F_2에서 다른형접합체로 된 개체에서는 F_3에서 노랗고 쭈근것과 풀색이고 쭈근것이 3:1로 분리된다. F_3에서도 형질의 분리가 일어나지 않는것을 고르면 목적하는 노랗고 쭈근 계통을 만든것으로 된다.

2. 완두에서 AAbb형과 aaBB형으로부터 AABB형을 만들어라.

3. 우성인 개체의 유전자형을 알아내자면 어떻게 하여야 하는가?

우성인 개체에 렬성인 개체를 섞붙임(검정섞붙임)하면 그의 후대(BF_1)에서 형질의 분리가 일어나는것과 일어나지 않는것이 있다.

BF_1에서 형질의 분리가 일어나지 않으면 우성인 개체의 유전자형은 같은형접합체, 분리가 일어난것은 다른형접합체이다.

완두에서 다른형접합체인 노랗고 둥근형(AaBb)에 대하여 검정섞붙임을 하면 BF_1에서 어떤 나타난형이 각각 어떤 비률로 생기겠는가?

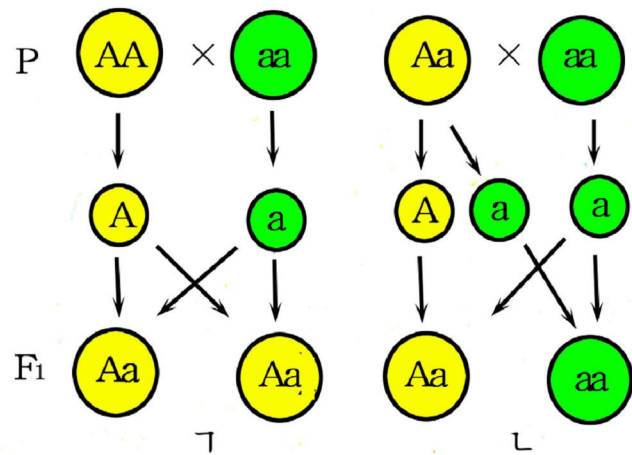



그림 4-14. 검정섞붙임
ㄱ. 같은형접합체, ㄴ. 다른형접합체

제4절. 련쇄유전

· 독립유전과 련쇄유전의 차이는 무엇인가?
· 교차률계산은 어떻게 하는가?
· 물들체지도란 무엇이며 어떻게 만드는가?

독립법칙은 매 쌍의 대립유전자가 서로 다른 쌍물들체에 있을 때에만 성립된다.

즉 $\frac{A}{A}\ \frac{B}{B}$일 때에만 성립된다.

※ 물들체는 한 선으로, 쌍물들체는 두 선으로 표시한다.

완두의 물들체수는 2n=14, 초파리의 물들체수는 2n=8이다. 독립유전할수 있는 대립유전자쌍의 수는 각각 얼마나 되겠는가?

사람의 물들체수는 2n=46개(23쌍의 쌍물들체)이고 유전자수는 약 3만개이다. 초파리의 물들체수는 2n=8개(4쌍의 쌍물들체)이나 유전자수는 약 15 000개이다.

물들체수보다 유전자수가 훨씬 많은것은 하나의 물들체에 많은 유전자가 있다는 것을 보여준다. 하나의 쌍물들체에 있는 두쌍이상의 대립유전자들에 의하여 나타나는 형질의 유전을 **련쇄유전**이라고 부른다. 즉 $\frac{AB}{AB}$일 때이다.

※ 련쇄유전이라는 말은 마치 유전자들이 물들체우에 쇠사슬처럼 놓여있다는데서 지은 말이다.

짝씨가 만들어질 때 련쇄된 유전자들은 어떻게 갈라져가겠는가.

련쇄된 유전자들은 어떤 변화도 없이 물들체와 함께 그대로 짝씨로 갈수도 있다. **(완전련쇄)**

즉 $\frac{A\ B}{a\ b} \rightarrow$ Ⓐⓑ(AB), (ab)

련쇄된 유전자들은 변화없이 물들체와 함께 그대로 짝씨에 가는것과 함께 반드시 쌍물들체들이 꼬였다엇바뀌면서 거기에 있던 유전자들도 엇바뀌여 짝씨로 간다. **(불완전련쇄)**

즉 $\frac{A\ B}{a\ b} \rightarrow$ (Ab), (aB)

결과 그림 4-15에서와 같이 엇바뀌지 않는형짝씨 (**비교차형짝씨**)와 엇바뀜형짝씨(**교차형짝씨**)가 만들어진다.

그림 4-15. 비교차형짝씨와 교차형짝씨가 만들어지는 과정

어미아비에서 만들어지는 짝씨의 총수(비교차형짝씨의 수와 교차형짝씨의 수의 합)에 대한 교차형짝씨수의 백분률을 **교차률**이라고 부른다.

$$\text{교차률} = \frac{\text{교차형짝씨수}}{\text{짝씨총수(비교차형짝씨수} + \text{교차형짝씨수)}} \times 100$$

그러나 어미아비에서 짝씨가 만들어지는 수는 알수 없으므로 검정섞붙임후대수를 가지고 교차률을 계산한다.

그것은 검정섞붙임을 하여 후대를 얻으면 검정하려는 개체의 유전자형만이 아니라 검정하려는 개체에서 만들어지는 짝씨의 종류와 그의 비률을 알수 있기때문이다.

$$\text{교차률} = \frac{\text{교차형개체수}}{\text{검정섞붙임후대의 총수(비교차형개체수} + \text{교차형개체수)}} \times 100$$

벼의 I 물들체	강냉이 I 물들체	초파리 I(X) 물들체
0 d_4 아지를 많이 치고 키를 작게 하는 유전자(렬성)	0 sr_1 잎에 줄무늬가 있게 하는 유전자(렬성)	0 Y 노란몸색유전자 (렬성)
22 WX 찰벼유전자(렬성)	15 ga_6 짝씨불화합성유전자(렬성)	1.5 w 흰눈유전자
27 msl 수성불염성 유전자(렬성)	25 ms_{17} 수성불염성유전자 (렬성)	20 ct 잘린날개유전자 (렬성)
54 bI_3 밤색잎유전자(렬성)	27 ts_2 개꼬리에 씨앗 맺는 유전자(렬성)	33 v 진사색눈유전자
64 ws 무늬잎유전자(렬성)	30 zi 접합자죽임유전자(렬성)	70 bb 끊어진 센털유전자 (렬성)
75 d_2 난쟁이유전자(렬성)	53 as 쌍물들체접합억제유전자(렬성)	
95 al 이삭에 벼알이 배게 달리게 하는 유전자(렬성)	66 hm 잎의 반점병 견딥성 유전자(렬성)	
99 pi-i 열병에 견디는 힘이 센 유전자 (우성)	80 br 난쟁이유전자(렬성)	
	84 vg 씨앗껍질퇴화유전자 (렬성)	
	107 an_1 수꽃술이 없는 유전자 (렬성)	

그림 4-16. 물들체유전지도

물들체우의 매 점에서 교차가 일어나는 비률이 같다고 보면 교차률은 유전자들사이의 상대적거리를 나타낸다.

이런 원리에 기초하여 교차률 1%를 유전자들사이 거리의 단위로 하여 유전자들의 자리를 결정한다.

교차률을 단위로 하여 유전자들의 거리를 표시한 그림을 **물들체유전지도**라고 부른다.(그림 4-16)

오늘 논벼를 비롯한 많은 농작물과 집짐승들의 유전지도가 만들어졌으며 계속 새로운 유전자들을 발견하여 보충하고있다.

생각하기

○ 교차률을 검정섞붙임방법으로 계산하는 리유는 어디에 있으며 다른 방법은 없겠는가를 생각하여라.

○ 교차률이 50%라면 련쇄유전을 하겠는가 독립유전을 하겠는가?

문 제

1. 련쇄유전이란 어떤 유전인가를 독립법칙과 비교하여 설명하여라.

2. $\frac{AB}{ab}$형에서 교차가 일어나지 않는다면 후대에서 유전자형과 나타난형의 비률은 어떻게 되겠는가를 유전자식을 세워 설명하여라.

제5절. 성결정과 성따름유전

· 생물의 성은 어떻게 결정되는가?
· 성따름유전과 그 특징은 무엇인가?

1. 성 결 정

생물의 성도 하나의 형질이다.

물들체수준에서 암수사이에 차이가 없겠는가.

노랑초파리의 몸세포물들체수는 8개이다. 암컷과 수컷에서 감수분렬할 때 물들체를 관찰하면 쌍물들체들이 접합하여 4개의 2가물들체를 만든다.

암컷에서는 크기와 모양이 같은 4쌍의 물들체가 접합하나 수컷에서는 크기와 모양이 같은 세쌍의 물들체와 크기와 모양이 다른 한쌍의 쌍물들체가 접합한다. 크기와 모양이 다른 한쌍의 물들체가운데서 큰것은 암컷의것과 같고 다른 하나의 물들체는 작다. 암수에서 크기와 모양이 같은 물들체는 **X물들체**, 수컷에 있는 작은 물들체는 **Y물들체**라고 부른다.

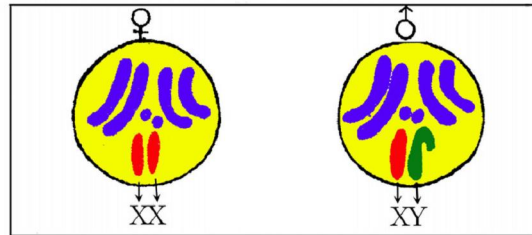
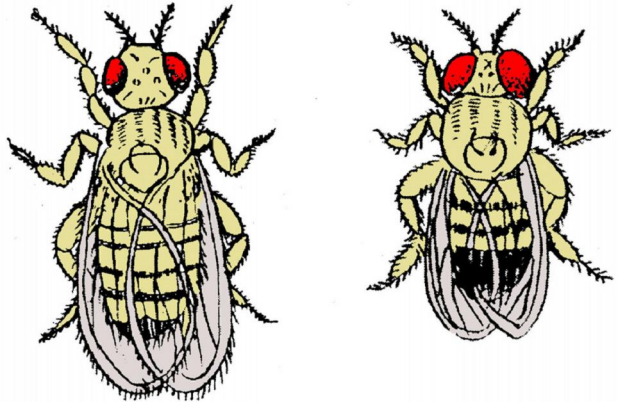



그림 4-17. 노랑초파리의 성물들체

X, Y물들체는 성결정에 관여하는 물들체라고 하여 **성물들체**, 나머지 물들체들은 **보통물들체**라고 부르며 A로 표시한다. 따라서 노랑초파리의 몸세포물들체식은 암컷을 XX+3AA, 수컷은 XY+3AA로 표시한다.

사람을 비롯한 젖먹이류와 물고기류, 대다수의 곤충류, 대마, 뽕나무, 버드나무 등은 암컷이 XX, 수컷은 XY형이고 누에를 비롯한 일부 나비류, 대부분의 새류, 파충류, 량서류, 딸기류 등은 반대로 수컷이 XX, 암컷이 XY형이다.

수컷의 성물들체가 XY인 생물을 수컷다른성물들체형, 암컷의 성물들체가 XY인 생물을 암컷다른성물들체형이라고 부른다. 수컷다른형과 암컷다른형을 갈라보기 위하여 암컷다른형의 X물들체는 Z, Y물들체는 W로 표시한다.

생물의 성은 성물들체의 무이에 의하여 결정된다.

생물의 성결정을 노랑초파리를 례들어 설명하면 다음과 같다.

그림 4-18에서와 같이 암컷의 성물들체는 XX이므로 감수분렬결과 X물들체와 3개의 보통물들체를 가진 암짝씨들이 만들어지고 수컷에서는 X물들체와 3개의 보통물들체, Y물들체와3개의 보통물들체를 가진 수짝씨들이절반씩 만들어진다.

X물들체를 가진 암짝씨와 X물들체를 가진 수짝씨가 수정되면 암컷이 되고 X물들체를 가진 암짝씨와 Y물들체를 가진 수짝씨가 수정되면 수컷으로 된다.

그림 4-18. 성결정물림새

2. 성따름유전

X물들체에 있는 유전자들에 의하여 나타나는 형질들의 유전을 **성따름유전**(성과 동반되는 유전이라고 하여 **반성유전**이라고도 부른다.)이라고 부른다.

노랑초파리의 X물들체에 있는 유전자에 의하여 나타나는 눈색형질이 어떻게 유전되는가를 보기로 하자.

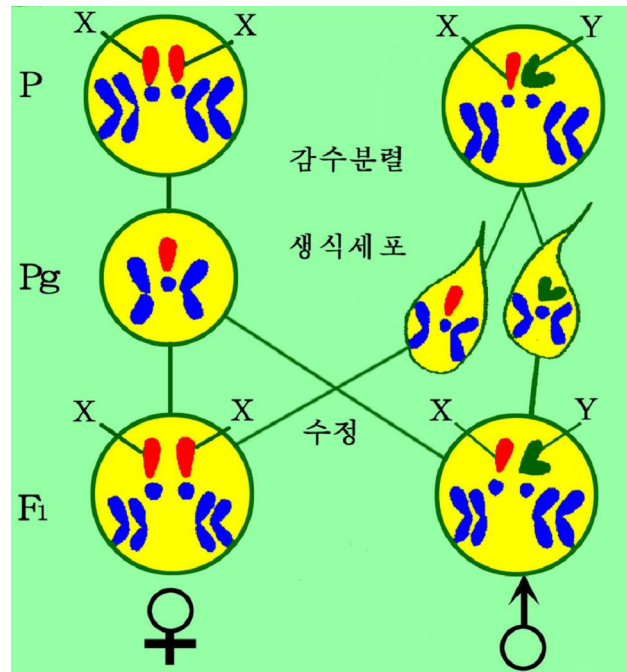
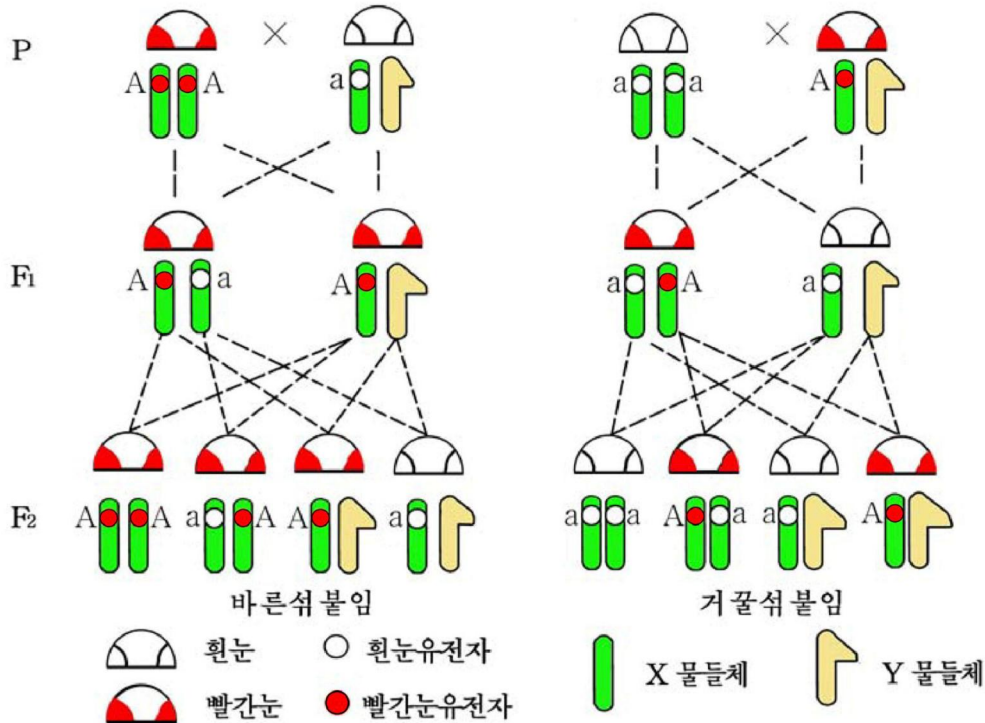



그림 4-19. 노랑초파리의 눈색유전

빨간색눈을 규정하는 유전자는 우성(A)이고 흰색눈을 규정하는 유전자는 렬성(a)이다.

그림 4-19에서와 같이 빨간색눈암컷과 흰색눈수컷을 섞붙임할 때 잡종1대는 암수모두가 빨간색눈을 나타낸다. 잡종1대들을 짝붙임하여 잡종2대를 얻으면 빨간색눈을 가진것과 흰색눈을 가진것이 3:1의 비률로 생긴다.

다음에는 반대로 흰색눈암컷과 빨간색눈수컷을 섞붙임하면 잡종1대에서 암컷은 아비를 닮아 빨간색눈, 수컷은 어미를 닮아 흰색눈을 가진다.

잡종2대에서는 암수에서 다 붉은색눈과 흰색눈을 가진 개체들이 1:1의 비률로 생긴다.

생각하기

성따름유전과 앞에서 본 유전들과의 다른 점은 무엇인가?

성따름유전의 특징은 섞붙임방향(바른섞붙임과 거꿀섞붙임)에 따라 형질의 유전이 달라지는것이다. 특히 XX형(어미)이 렬성, XY형(아비)이 우성형질로 된 개체를 섞붙임시키면 어미의 형질은 잡종1대의 수컷, 아비의 형질은 암컷에서 나타나는것이다.

성따름유전의 특징이 나타나는 원인은 X물들체에 있는 유전자들에 대응하는 대립유전자가 Y물들체에 없는데 있다.

성따름유전의 원리는 누에를 기를 때 잡종1대에서 알색의 차이를 보고 암수를 갈라 수컷만 길러 생산성을 높이며 만경닭에서 종자닭생산체계를 세우는데 적용되고있다.

문 제

1. 어떤 물들체를 성물들체라고 하는가?
2. 성따름유전의 특징과 그 원인이 어디에 있는가를 설명하여라.
3. 노랑초파리에서 붉은색눈암컷과 흰색눈수컷을 섞붙임한 잡종1대가운데에는 붉은색눈을 가진 암컷과 수컷, 흰색눈을 가진 암컷과 수컷이 있다. 붉은색눈암컷의 유전자형을 알아내여라.
4. 만경닭에는 1년에 300개의 알을 낳으면서 몸이 약한 계통(A)과 200개정도의 알을 낳으면서 몸이 튼튼한 계통(B)이 있다. 그리고 알을 많이 낳게 하는 유전자들은 Z물들체에 있다. 알을 많이 낳으면서 몸이 튼튼한 잡종1대암컷들을 얻자면 어느 계통을 암컷과 수컷으로 골라야 하는가를 식을 세워 증명하여라.

제6절. 유전자의 서로작용

· 비대립유전자들의 서로작용에는 어떤것들이 있는가?

앞에서 본 유전의 법칙들에서는 한쌍 또는 두쌍이상의 대립유전자들이 독자적으로 자기의 형질을 규정하였다. 이와는 달리 두쌍이상의 비대립유전자들이 서로작용하여 새로운 형질을 나타내는 경우가 있다.

1. 서로돕기작용

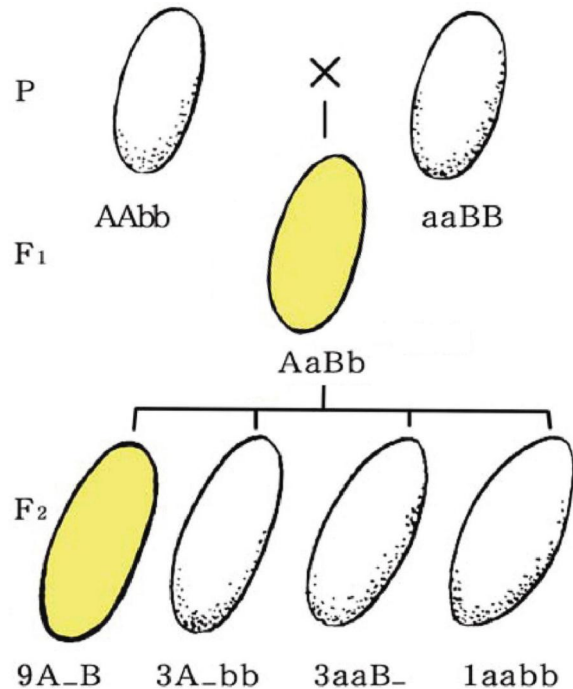
계응상박사는 흰색고치를 트는 두 계통의 뽕누에를 섞붙임하였다.

잡종1대는 응당 흰색고치일것이라고 생각하였으나 모두 노란색고치를 틀었다. 이것들을 짝붙임하여 잡종2대를 얻으니 노란색고치와 흰색고치가 9:7의 비로 분리되였다.

누에고치가 노란색으로 되자면 뽕잎속에 있는 카로티노이드색소가 밸속에서 밸벽을 통과하여 피속으로 들어가고 다시 비단실선으로 들어가야 한다. 우성유전자 A는 카로티노이드를 밸벽을 거쳐 피속으로 들여보내는 효소합성을 지배하고 유전자 B는 피속으로 들어온 카로티노이드를 비단실선으로 들여보내는 효소합성을 지배한다.

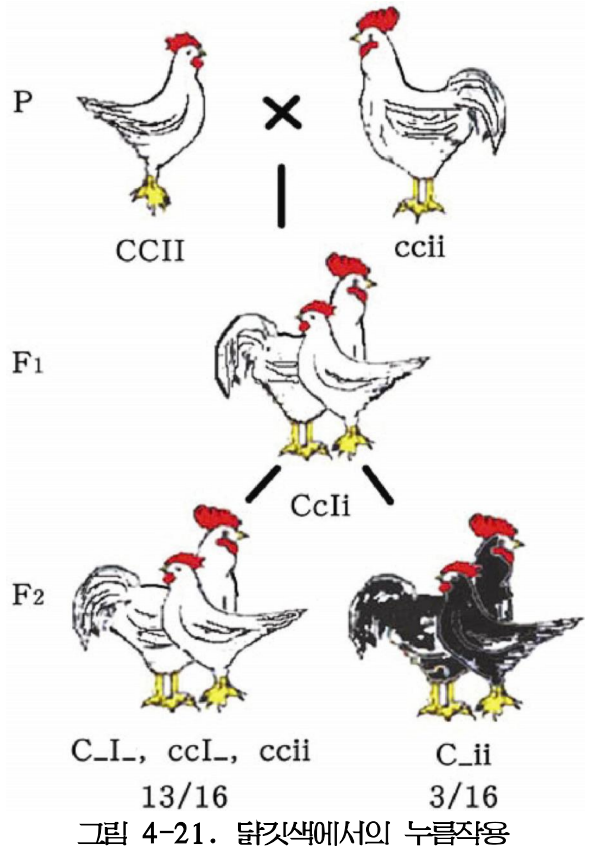
그림 4-20에서와 같이 어미계통의 유전자형은 AAbb형이여서 밸속으로 들어온 카로티노이드를 피속으로 들여보내나 이것을 비단실선으로 들여보내지 못하여 흰색고치를 틀고 아비계통은 유전자형이 aaBB형이여서 카로티노이드를 피속에서 비단실선으로 들여보낼수 있으나 피속에 카로티노이드가 없어 흰색고치를 트는 계통이다. 이런 두 계통을 섞붙임하면 잡종1대의 유전자형이 AaBb로 되여 두가지 효소를 다 합성하므로 노란색고치로 되고 잡종2대에서는 노란색고치와 흰색고치가 9:7로 분리된다.

그림 4-20. 누에고치색의 유전

이처럼 비대립유전자들이 모여 새로운 형질을 나타내게 하는것을 **서로돕기작용**이라고 부른다.

2. 누름작용

만경닭은 검은색소합성을 지배하는 우성유전자 C가 있으나 이 유전자의 작용을 누르는 유전자 I가 있어 흰색을 나타내고 만수닭은 색소합성유전자와 누르는 유전자가 모두 렬성이여서 흰색을 나타낸다.

만경닭(CCII)과 만수닭(ccii)을 섞불임시키면 잡종1대는 CcIi여서 희고 잡종2대에서는 CCii, 2Ccii형이 생겨 흰색닭과 검은색닭이 13:3으로 분리된다. 이와 같이 한쌍의 대립유전자가 다른 쌍의 대립유전자의 작용을 누르는것을 **누름작용**, 누르는 유전자를 **누름유전자**라고 부른다.

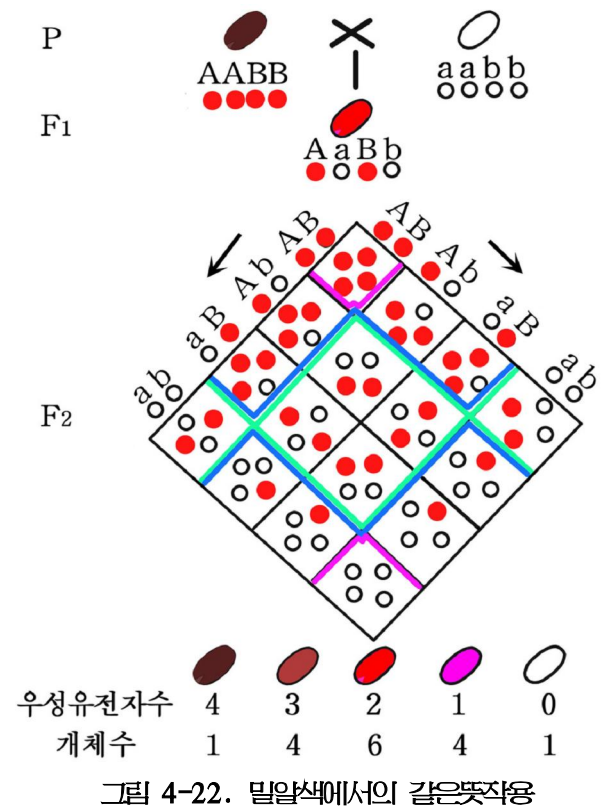
그림 4-21. 닭깃색에서의 누름작용

3. 같은뜻작용

같은뜻작용은 밀알색유전에서 잘 알려졌다.

검붉은색밀계통($AABB=A_1A_1A_2A_2$)과 흰색밀계통($aabb=a_1a_1a_2a_2$)을 섞불임시키면 잡종1대는 중간색인 붉은색, 잡종2대에서는 검붉은색 1, 약간 진한 붉은색 4, 붉은색 6, 분홍색 4, 흰색 1의 비률로 분리된다. 이와 같이 두쌍이상의 비대립유전자들이 한가지 형질에 대하여 같은뜻으로 작용하는것을 **같은뜻작용**이라고 부른다.

같은뜻작용이 나타나는 원인은 색에 대하여 같은 작용을 하는 우성유전자의 수에 따라 색의 진한 정도가 다른데 있다.

같은뜻작용의 원리는 생물의 크기, 이삭수, 자라는 기간, 성분함량, 병견딤성, 소금기견딤성과 같이 량적으로 헤아릴수 있는 형질들의 유전을 밝혀 새로운 품종을 만들어내는데 리용된다.

그림 4-22. 밀알색에서의 같은뜻작용

※ 벼의 키는 7쌍, 이삭패는 시기는 6쌍, 강냉이의 당함량은 7쌍, 벼흰잎마름병저항성은 9쌍의 같은뜻작용유전자의 작용을 받는다.

해보기

○ 누에에서 흰색고치를 트는 AAbb형과 aaBB형이 각각 효소합성과 관련된다는것을 어떻게 하면 실험적으로 증명하겠는가?

○ 같은뜻작용에서 밀알의 색에 따르는 개체수와 우성유전자의 수와의 관계를 그라프로 그려라.

문 제

1. 우성작용과 누름작용의 다른 점은 무엇인가?
2. 초파리의 밤색눈계통과 분홍색눈계통(AAbb, aaBB)을 섞붙임하면 잡종1대는 붉은색눈, 잡종2대에서는 붉은색눈, 밤색눈, 분홍색눈, 흰색눈을 가진것이 9:3:3:1로 분리된다. 분리되는 결과를 유전자식으로 세워 설명하여라.(유전자 A는 밤색눈을, 유전자 B는 분홍색눈을 나타낸다.)

련습 련쇄유전, 성결정과 성따름유전 및 유전자의 서로작용

1. 교차률을 알고 새무이형만들기

① 강냉이에서 알색이 노랗고 볼록한형(CCSS)과 희고 쭈근형(ccss)으로부터 노랗고 쭈근형(CCss)을 만들어라.(두 유전자사이의 교차률은 3.6%이다.)

풀이

강냉이를 심어 개꼬리가 나오면 어미로 쓸 강냉이(CCSS)의 개꼬리를 잘라버리고 다른 꽃가루가 암꽃에 떨어지지 못하도록 격리봉투를 씌운다. 암꽃의 수염이 나오면 아비강냉이(ccss)의 꽃가루를 떨구어준다. F_1은 노랗고 볼록하다.

F_1를 심어자래우다가 이삭에 수염이 나오기 전에 격리봉투를 씌워 제꽃가루받이 시킨다. 두 유전자사이의 교차률이 3.6%이므로 F_1에서는 4가지형의 짝씨 CS, Cs, cS, cs가 48.2:1.8:1.8:48.2의 비률로 만들어진다.

즉

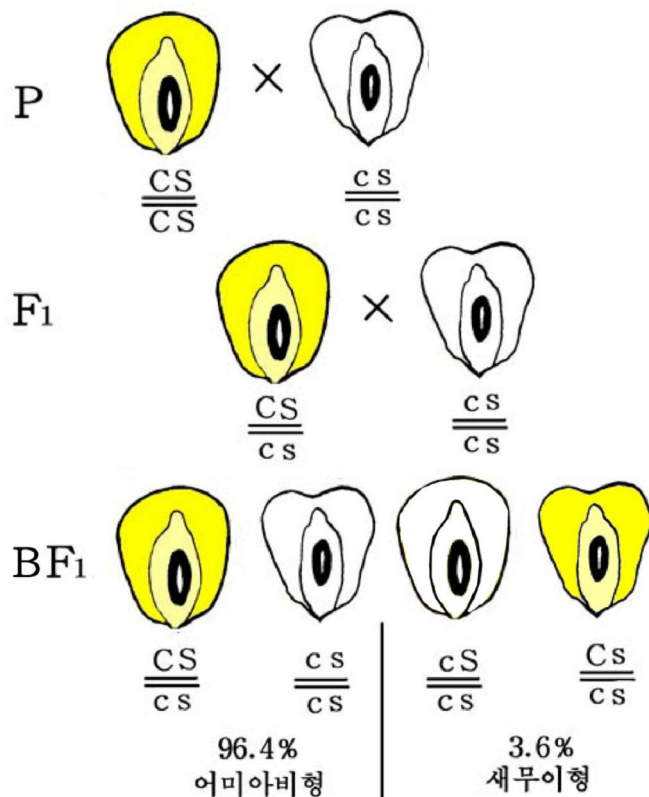
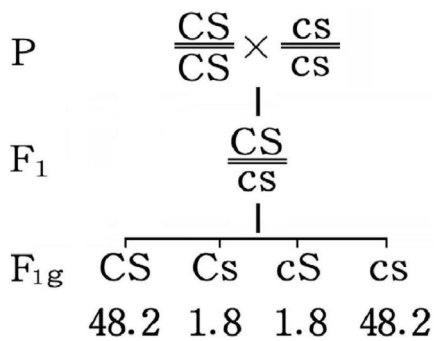



그림 4-23. 강냉이의 섞붙임실험

F_2에서 목적하는 형질을 가진 개체가 만들어질 비률은 다음과 같다.

암수짝씨가 Cs형이여서 유전자형이 CCss인 개체는 $\frac{1.8}{100}\times\frac{1.8}{100}=\frac{3.24}{10000}$이고 암수짝씨가 Cs와 cs형이여서 유전자형이 Ccss인 개체는 $(\frac{1.8}{100}\times\frac{48.2}{100})\times2=\frac{173.52}{10000}$이다.

즉 목적하는 나타난형을 가진 개체는 10 000개체(알수)가운데서 약 177개체(알수)이며 그중 같은형접합체(CCss)는 3개뿐이다. 그러므로 F_2의 177개체를 한알씩 심어키운다. 다음 꽃이 피기 전에 격리봉투를 씌워 제꽃가루받이를 시킨다. 얻은 F_3에서 형질의 분리가 일어나지 않는 개체를 고르면 된다.

② 강냉이에서 CCss와 ccSS형으로부터 CCSS형을 만들어라.

2. 성결정과 성따름유전

① 누에의 Z물들체에는 알색을 규정하는 유전자가 있다. 유전자 A는 알색을 희게 하고 a유전자는 알색을 검게 한다. 비단실은 수누에고치에 더 많다. 알색을 보고 수누에알만 골라 키우자면 어떻게 섞붙임을 시켜야 하겠는가?

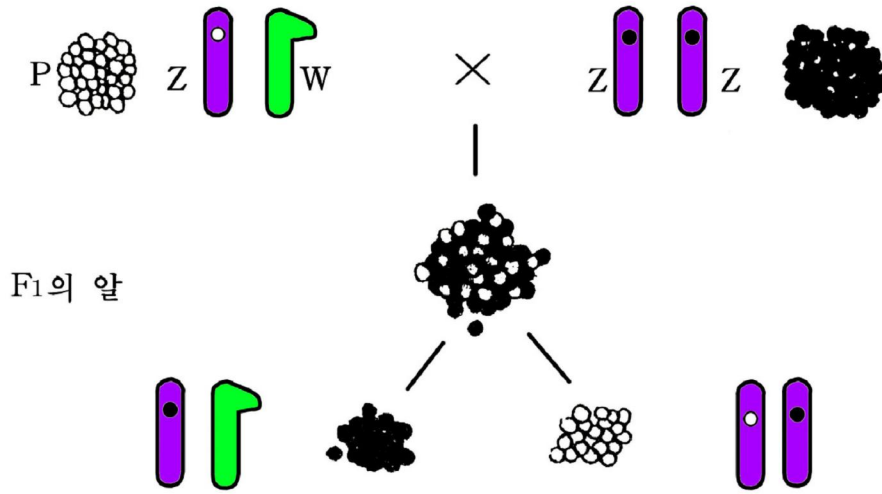



그림 4-24. 누에에서 성따름유전의 리용

② 노랑초파리의 X물들체에는 눈색을 규정하는 유전자(A-빨간색눈, a-흰색눈)와 날개모양을 규정하는 유전자(B-정상날개, b-잘린날개)가 있다. 빨간색눈인 잘린날개계통의 암컷($\frac{Ab}{Ab}$)과 흰색눈인 정상날개계통의 수컷($\frac{aB}{\rightharpoondown}$)을 섞붙임시켜 흰색눈인 잘린날개계통($\frac{ab}{ab}$, $\frac{ab}{\rightharpoondown}$)을 만들어라.

3. 유전자의 서로작용

벼의 키를 규정하는 같은뜻작용유전자가 3쌍이고 유전자하나는 키를 5㎝씩 크게 한다고 가정하자.

$A_1A_1A_2A_2A_3A_3$형과 $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$형을 섞붙임시킨 F_2에서 키는 어떻게 나타나며 그에 해당한 개체수는 얼마나 되겠는가를 계산하여라.($a_1a_1a_2a_2a_3a_3$형의 키는 70㎝이고 같은 조건에서 키웠다.)

제7절. 갑작변이

· 갑작변이의 요인, 겹대립유전자란 무엇인가?
· 물들체구조변화의 류형과 다배체의 특징은 무엇인가?

앞에서 우리는 섞붙임을 시키면 유전자나 물들체는 변하지 않고 어미아비의 유전자가 새로 무어져 어미아비와 다른 형질을 가진 후대가 생기는 경우를 보았다.

유전자나 물들체자체가 변하여도 유전되는 변이가 일어난다.

유전정보를 담고있는 유전자나 물들체가 변화되여 생긴 변이를 **갑작변이**라고 부른다.

1. 유전자갑작변이

사람이나 토끼, 닭, 노랑초파리, 벼, 강냉이, 완두에서 대립형질들이 생긴것은 많은것들이 본래 우성이던 유전자가 렬성유전자로 변이(A→a)된데 있다. 그러나 반대로 렬성유전자가 우성유전자로 변이(a→A)가 일어나 생긴것도 있다.

※ 갑작변이를 일으키는 요인에는 X선, α선, β선, γ선, 자외선, 높은 압력, 초음파와 같은 물리적요인과 아질산, 히드록실아민, 에틸렌이민 등 유독한 화학물질이 있다.

갑작변이요인이 작용하면 DNA의 핵산염기 하나가 치환되거나 탈락 또는 첨가되여 유전자갑작변이가 일어난다. 례를 들면 사람의 낫모양붉은피알빈혈증은 정상이던 β사슬의 6번째 유전암호가 CTT였던것이 염기 하나가 치환되여 CAT로 된데 있다.

낫모양붉은피알빈혈증이 생기는 원인 **표 4-4**

형 질	정상붉은피알	낫모양붉은피알
붉은피알단백질의 β사슬 6번째 아미노산	글루타민산	발린
mRNA	GAA	GUA
DNA	CTT GAA	CAT GTA

하나의 유전자자리에는 우성이나 렬성유전자 즉 한쌍의 대립유전자만 있는것이 아니라 일부 유전자자리에는 더 많은 유전자가 있을수 있다.

이것 역시 유전자갑작변이가 일어나 생긴것이다.

하나의 유전자자리에 있는 둘이상의 유전자를 **겹대립유전자**라고 부른다.

사람의 ABO식피형도 겹대립유전자 I^A, I^B, I^o에 의하여 결정된다. I^A와 I^B유전자사이에는 우렬관계가 없고 I^A와 I^B유전자는 I^0에 대하여 각기 우성이다. 따라서 사람의 피형(나타난형)과 유전자형사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

사람의 피형 표 4-5

피형(나타난형)	A형	B형	AB형	O형
유전자형	I^AI^A, I^AI^O	I^BI^B, I^BI^O	I^AI^B	I^oI^o

2. 물들체갑작변이

물들체의 구조나 수가 변화되여 생긴 변이를 **물들체갑작변이**라고 부른다.

물들체구조변화

갑작변이의 요인이 작용하면 물들체의 일부가 떨어져나가 없어지기도 하고(일부없어지기) 물들체의 일부가 겹쳐지거나(겹치기) 물들체가 끊어졌다가 거꾸로 붙을수도 있으며(거꿀맞추기) 하나의 물들체의 일부가 끊어져 다른 물들체에 옮겨가 붙을수도 있다.(옮겨앉기)

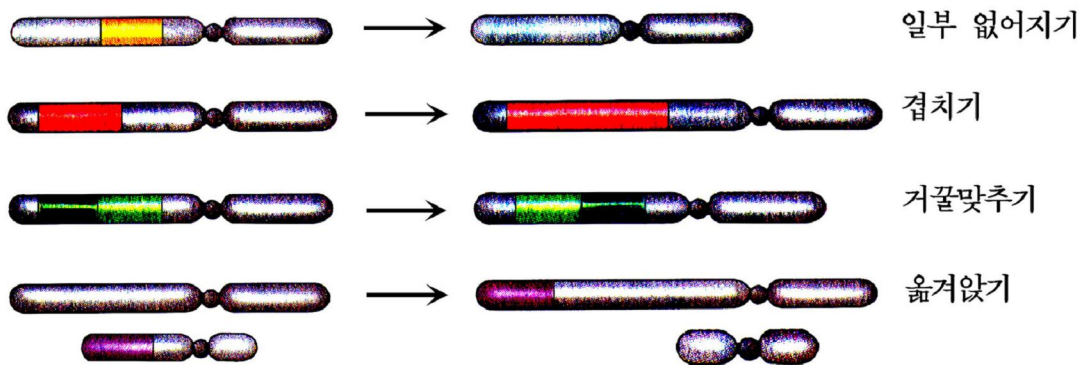



그림 4-25. 물들체의 구조변화

생각하기

물들체의 구조변화가 일어나면 유전자갑작변이때보다 형질의 변화가 심한 리유는 어디에 있는가?

물들체수의 변화

배수체. 해당한 생물의 종이 살아남는데 필요한 최소한의 물들체조 또는 여기에 있는 유전정보의 총체를 **게놈**이라고 부른다.

사람은 23개, 벼는 12개, 강냉이는 10개의 물들체가 하나의 게놈을 이룬다.

몸세포에 2개의 게놈을 가지고있는 생물을 2배체, 3개이상의 게놈을 가지고있는 생물을 **배수체**라고 부른다.

※ 게놈을 X로 표시하므로 2배체이면 2n=2X, 3배체이면 2n=3X, 4배체이면 2n=4X로 표시한다.

배수체생물의 특성은 첫째로, 2배체보다 세포와 조직, 기관이 커지는것이다. 식물에서는 색이 진하고 잎이 쭈글쭈글해진다.

둘째로, 박하의 기름이나 수박의 사탕과 같이 쓸모있는 물질의 함량이 많아지는것이다.

셋째로, 왕성하게 자라나 여무는 기간이 늦어지는것이다.

넷째로, 추위, 가물과 같은 불리한 조건을 이겨내는 힘이 세지는것이다.

다섯째로, 생식능력이 낮아지는것이다.

배수체는 동물보다 식물에 더 많으며 자연적으로도 만들어지고 인공적으로도 만들어 리용하고있다.

반수체. 몸세포에 하나의 게놈만이 있는 생물을 반수체라고 부른다. 반수체는 꿀벌의 수컷처럼 자연계에도 있고 꽃가루를 인공적으로 배양하여 만들기도 한다.

이수체. 몸세포물들체에 어느 하나의 물들체가 더 있든가 또는 없어진 생물을 **이수체** 또는 **다른수체**라고 부른다. 즉 $2n\pm1$

$2n+1$인 생물은 **3물들체형**, $2n-1$인 생물은 **1물들체형**이라고 부른다.

이수체는 거의 다 심한 변이를 나타내며 사람에게서는 중한 병을 일으킨다.(유전병)

1. 다음 표의 빈칸에 알맞는 유전자형을 써넣으라.

어머니	아버지	자식들
O형	☐	O형, B형
O형	☐	B형
A형	☐	A형, O형
☐	B형	AB형
A형	☐	A형, B형, AB형, O형
☐	AB형	A형, B형, AB형
A형	B형	☐

2. 알곡작물에서는 메밀을 비롯하여 몇종만을 배수체로 리용하고있다. 그 리유는 무엇인가?
3. 어떤 생물에서 배수체를 만들어 리용하는것이 좋으며 그 리유는 어디에 있는가?
4. 배수체와 이수체의 같은 점과 다른 점을 말하여라.

유전되지 않는 변이—환경변이

송어는 강에서 까나서 바다로 나가 자란다. 다 자라면 무리를 지어 자기가 까난 강으로 올라와 후대를 남긴다. 그런데 그중에는 바다로 내려가지 않고 강에서 사는것도 있다. 바다로 나가 다 자란 송어는 몸길이가 60～70㎝이나 강에서 살면서 다 자란 송어는 15㎝안팎이다. 강에서 사는 송어를 **고들메기**라고 부른다. 이런 변이가 유전된다면 고들메기알에서 까나온 새끼고기를 바다에 내보내도 자기의 어미아비들처럼 작아야 하나 큰 송어로 된다. 이것은 바다의 환경조건 특히 먹이가 많은데 있다.

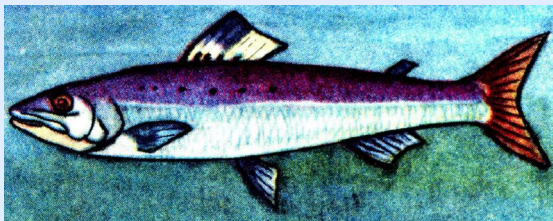



그림 4-26. 송어와 고들메기

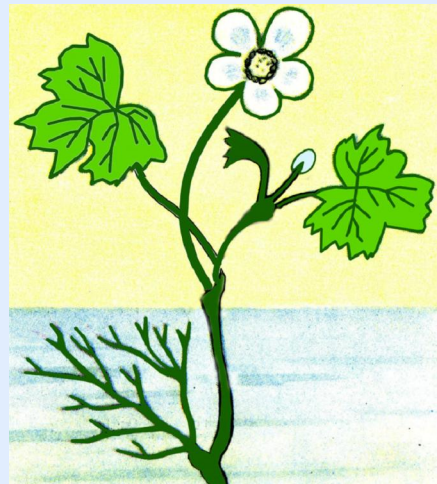



그림 4-27. 미나리마름

그림에서와 같이 미나리마름의 잎은 물속에 있는가 물우에 떠있는가에 따라 모양이 완전히 달라진다.

유전물질에는 변화가 없고 환경조건이 달라져 생긴 변이는 후대에 유전되지 않는다. 이런 변이를 **환경변이**라고 부른다.

농업실천에서는 해당한 농작물품종이나 집짐승품종의 유전자형이 충분히 나타나도록 그가 요구하는 환경조건을 지어주어야 생산을 높일수 있다.

【관찰】 침선물들체 알아보기

※ **알모기새끼벌레**

관찰전에 삼각플라스크와 내경이 굵은 스포이드를 가지고 작은 물도랑이나 개울에 나가 알모기새끼벌레(곤두벌레)를 채집해넣는다. 반드시 살던 곳의 물을 담아야 한다. 알모기새끼벌레는 년중 어디서나 잡을수 있다. 이른봄부터 늦가을까지는 물속에서 헤염치며 11월 중순부터 물이 얼기 전까지는 물밑에 있는 나무잎의 뒤면에 붙어있다. 얼음이 얼면 얼지 않은 흙속에 들어간다.

준비

알모기새끼벌레, 립체현미경, 확대경, 삼각플라스크, 샤레, 스포이드, 받침유리, 덮개유리, 해부바늘, 려과종이, 지우개가 달린 연필, 70% 에틸알콜, 겐티아나보라

방법

1) 삼각플라스크에서 알모기새끼벌레를 물과 함께 샤레에 옮긴다.

받침유리우에 깨끗한 물을 한방울 떨구고 여기에 새끼벌레 한마리를 놓는다.
받침유리에 70% 알콜을 한방울 떨구어 약 1분동안 고정시키는것이 더 좋다.

2) 고정이 끝나면 려과종이로 알콜을 빨아내고 물을 한방울 떨군다.

받침유리를 립체현미경에 설치하거나 확대경 또는 맨눈으로 보면서 알모기새끼벌레의 앞뒤를 가려본다.

머리쪽이 앞에 놓이도록 하고 왼손에 쥔 해부바늘로 3 또는 4번째마디우에 수평면으로부터 20~30° 경사지게 누른다.

오른손에 쥔 해부바늘로는 2~3번째 또는 3~4번째마디사이에 곧추 세워누른다. 오른손에 힘을 더 주면서 앞뒤로 잡아당긴다.

머리부분과 몸뚱이사이의 거리가 1~2㎜ 되여야 한다.

그림 4-28에서와 같이 침선관에 붙은 한쌍의 젖빛색침선을 찾는다.

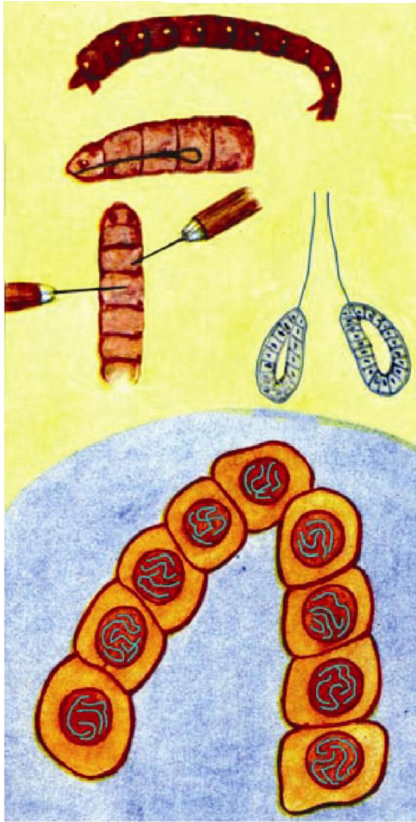



그림 4-28. 알모기새끼벌레의 침선꺼내기와 침선물들체

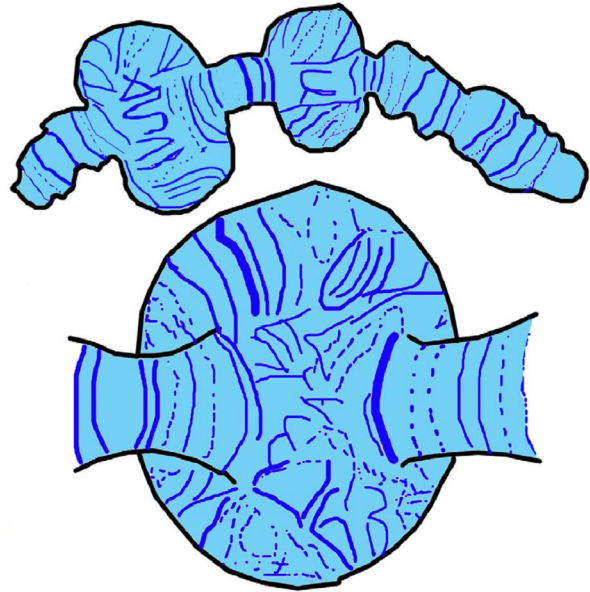



그림 4-29. 알모기새끼벌레의 침선물들체의 파프

3) 해부바늘로 침선하나를 떠서 겐티아나보라를 한방울 떨군 새 받침유리에 옮겨 10～15초동안 물들인다. 시간이 되면 물을 떨구면서 려과종이로 빨아낸다.

4) 물들이기가 끝나면 덮개유리를 덮고 평편한 실험탁우에 놓는다. 다음 왼손 엄지손가락과 두번째손가락으로 받침유리와 덮개유리가 따로 움직이지 않도록 감싸쥐고 지우개가 달린 연필뒤등을 수직으로 세워 덮개유리를 살짝 눌렀다놓는다.

덮개유리주변의 물은 려과종이로 빨아낸다.

5) 관찰재료준비가 끝나면 처음에는 현미경의 낮은 배률 (50～80×)로 보고 점차 높은 배률(400×)에서 관찰한다.

네오리의 물들체와 그림 4-29에서와 같은 물들체파프(부품)가 보인다.

침선물들체는 연한 하늘색으로, 그안의 가로무늬는 진하게 물들여진다.

분석과 토론

○ 물들체가 몇개인가를 정확히 세여보아라.

○ 가로무늬가 어떤 모양을 하고있는가 가려보아라.

○ 어느 하나의 물들체에 있는 파프를 확인하여라.

결과처리

○ 하나의 세포안에 있는 물들체의 그림을 그린다.

○ 현미경상에서 200×이상의 배률로 관찰하고 물들체에 있는 파프를 그림으로 그린다.

주의할 점

① 알모기새끼벌레는 크고 굵은것을 골라야 한다. 그래야 충실한 침선이 나온다.

침선을 뽑았을 때 침선의 색이 약간 누렇고 끈적액이 없으며 개개의 세포가 큰것이 충실한 침선이다.

② 침선을 꺼낼 때 침선관이 끊어지고 침선이 내장기관에 묻혀 안보일수 있다.

이때에는 해부바늘로 알모기새끼벌레의 머리부분을 조심히 헤치면 침선이 나온다.

제8절. 유 전 병

· 사람의 유전병에는 어떤것이 있으며 그 원인은 무엇인가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 유전의학을 비롯한 기초의학을 발전시키기 위한 연구사업을 전망성있게 진행할데 대하여 말씀하시였다.

유전의학을 비롯한 기초의학을 발전시키는것은 사람들의 심장혈관계통질병, 암등과 같은 병걸림률과 죽음률이 높은 질병을 예방치료하는데서 중요한 의의를 가진다.

1. 유전병의 종류

사람의 게놈을 이루는 22개의 보통물들체와 X, Y물들체에 있는 DNA의 핵산염기배렬순서를 밝히는것을 **인간게놈해석**이라고 부른다.

1990년에 시작된 인간게놈해석은 2003년 4월에 기본적으로 끝났다.

사람의 게놈에는 약 30억개의 핵산염기쌍이 있으며 유전자는 약 3만개 있다고 본다.

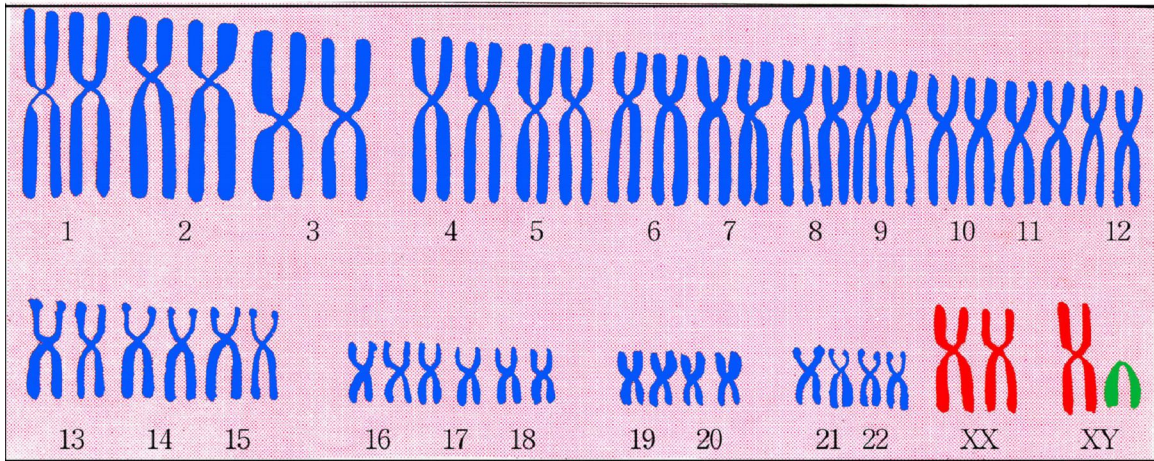



그림 4-30. 사람의 핵형

사람의 유전병은 모두 하나 또는 몇개의 유전자나 물들체의 구조와 수에서 변이가 일어나 생긴것들이다.

하나의 유전자가 변화되여 생긴 병들가운데서 많은것은 낫모양붉은피알빈혈증, 페닐케톤오줌병, 알카프톤오줌병, 백화병, 색맹, 혈우병과 같이 정상이던 우성유전자가 렬성유전자로 갑작변이가 일어나 생긴것들이다.

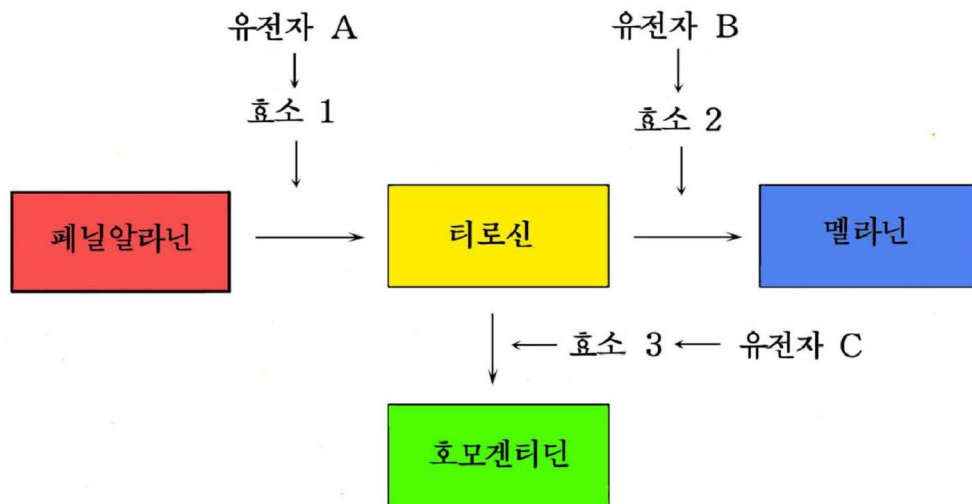



그림 4-31. 사람의 몇가지 물질대사유전병이 생기는 과정

※ **페닐케톤오줌병.** 음식물을 통해 몸안에 들어온 아미노산의 한 종류인 페닐알라닌은 효소(페닐알라닌카르복실라제)에 의하여 티로신으로 되여야 한다. 그러나 유전자 A가 변이되여 불활성화된 효소를 합성하면 페닐알라닌은 티로신으로 되지 못하고 피루빈산으로 되여 오줌으로 나가는 병이다. 이런 환자는 지능이 낮아진다.

백화병. 음식물을 통해 몸안에 들어왔거나 페닐알라닌이 변화되여 생긴 티로신은 효소의 도움으로 사람의 검은색소인 멜라닌으로 된다. 그러나 유전자 B가 변화되여 효소를 합성하지 못하면 멜라닌합성이 안되여 털이 희여진다.(흰둥이)

알카프톤오줌병. 티로신은 효소 3에 의하여 호모겐티딘으로 되여야 한다. 그러나 이 효소합성유전자가 렬성유전자로 변화되면 효소를 합성하지 못하므로 티로신이 호모겐티딘으로 변화되지 못하여 오줌속에 알카프톤(호모겐티딘산)이 섞여나간다. 알카프톤은 밖으로 나오면 산화되여 검은색으로 된다. 그러면 사람의 연골도 점차 검은색으로 되면서 약해진다. 결과 사람은 40살쯤 되면 제대로 걷지 못하게 된다.

색맹. 붉은색과 풀색을 가려보지 못하는 병이다.

혈우병. 항혈우병유전자가 결핍되여 출혈할 때 프로트롬빈이 트롬빈으로 변화되지 못하여 피가 멎지 않는 병이다.

근시, 원시, 란시, 록내장, 백내장 등과 같이 정상이던 유전자가 우성유전자로 갑작변이가 일어나 생긴 병도 있다.

※ **란시.** 수정체의 굽은 면이 고르롭지 못하여 영상이 제대로 맺히지 못하는 병이다.

록내장. 늙으면서 눈압이 높아져 수정체와 동공사이의 액체가 흐려져 못보는 눈병이다.

백내장. 주로 늙으면서 수정체가 흐려져 못보는 눈병이다.

하나의 유전자가 변화되여 생긴 병들은 유전자에서 하나의 핵산염기가 A $\rightleftarrows$ T 또는 G $\rightleftarrows$ C로 되는데 그 원인이 있다.

정신병, 원발성고혈압, 동맥경화, 일부 암과 같은 병은 여러개의 유전자가 변화되여 생긴 병들이다.

물들체구조와 수가 변화되여도 심한 병을 일으킨다.

물들체의 일부 없어지기가 일어나 생기는 병에는 고양이울음병과 같이 사람의 물들체조에서 5번물들체의 일부가 없어져 생기는것, 13번물들체의 일부가 없어져 생기는 암도 있다.

※ **고양이울음병.** 애기가 울 때 고양이울음소리와 비슷한 소리를 내며 지능이 낮아지는 병이다.

백혈병가운데는 9번물들체의 일부가 22번물들체에, 8번물들체의 일부가 14번물들체에 옮겨가 생기는것도 있다.

물들체수가 변화되여 생기는 병에는 녀자에게서 X물들체가 하나 없어(XO) 생기는 다나병, 21번물들체가 하나 더 있어 생기는 다운병 등이 있다.

※ **다나병.** 녀성의 발육이 미약한 병이다.

다운병. 머리높이가 낮고 손은 짧고 폭이 넓으며 지능이 낮아지는 병이다.

2. 유전병의 예방과 치료

최근 분자생물학과 생물공학 특히 인간게놈공학이 발전되면서 유전병들도 예방하고 치료하는 새로운 전망이 열리고있다.

유전병의 예방

유전병을 예방하기 위하여서는 우리가 사는 환경 특히 물을 비롯한 음식물이 오염되지 않도록 하여야 한다. 최근 먹는물을 새로운 방법으로 소독하는 방법 등 오염을 방지하기 위한 방법들이 연구개발되고있다.

다음으로 물들체를 미리 조사하여 예방하는 방법이 있다. 최근에는 DNA왁찐을 개발리용하고있다.

유전병의 치료

① 병을 일으키는 유전자가 발현되지 못하게 하거나 발현되여 변화된 단백질을 합성하여도 그것을 다시 정상단백질로 만드는 방법으로 치료하고있다.

례를 들면 페닐케톤오줌병환자에게는 페닐알라닌이 적게 들어간 음식물을 먹여 병이 나타나지 못하게 하며 낫모양붉은피알빈혈증환자에게는 이소시안산을 주사하여 변화된 단백질을 정상단백질로 만들게 하여 치료하고있다.

② 유전병을 치료하는 약들을 개발하여 치료하고있다.

소마토스타틴이나 인터페론과 같이 당뇨병과 암을 치료하는 약이 개발되고있다. 특히 인간게놈해석의 성과에 기초하여 5대질병이라고 하는 암, 신경병, 물질대사병, 순환기병, 알레르기아병도 치료할수 있게 될것이다.

③ 유전자치료법이 발전하고있다.

DNA에서 변이가 일어난 세포나 조직에 정상유전자나 형질전환시킨 비루스를 넣어주는 방법으로 여러가지 유전병을 치료하고있다.

특히 자살유전자를 넣어주는 방법으로 암을 치료하기 위한 연구가 진행되고있다. 이것은 정상세포에서는 독성이 없지만 암세포에서는 독성물질로 되여 암세포를 죽게 하는 방법이다. 즉 티민키나제합성유전자(자살유전자)를 세포에 넣어주면 암세포에서만 구아닌류사물이 합성되여 DNA가 복제될 때 구아닌대신에 들어가 DNA복제를 억제시켜 암세포를 죽게 한다.

④ 배아줄기세포에 의한 재생의학이 발전하고있다.

최근 콩팥세포로 될 배아줄기세포를 콩팥기능이 약한 환자에게 넣어주어 콩팥기능을 돕게 하는데 성공하였다.

앞으로 배아줄기세포를 넣어주는 방법으로 사람의 장기를 재생시키게 될것이다.

1. 유전의학은 왜 발전시켜야 하는가?
2. 하나의 유전자가 변화되여 생긴 병에는 어떤것들이 있으며 그 물림새는 무엇인가?
3. 색맹을 규정하는 유전자는 정상유전자에 대하여 렬성이고 X물들체에 있다. 어머니는 색맹이고 아버지는 정상이면 어떤 자식들이 태여나겠는가?
   아버지, 어머니가 정상인데 아들들가운데서 색맹이 나타났다. 그 원인은 무엇인가?색맹은 남자에게서 더 자주 볼수 있다. 그 원인은 무엇인가?

색맹—돌턴증

18세기 영국의 학자 돌턴은 어느해 명절에 《재빛밤색양말》을 어머니에게 기념으로 주었다.

어머니는 색갈이 너무 아름답다고 생각하면서 《네가 사온 이 앵두처럼 붉은 양말을 내가 어떻게 신느냐?》라고 돌턴에게 말하였다.

(양말은 재빛밤색인데 어째서 어머니는 앵두처럼 붉다고 하실가?)

의아하게 생각한 그는 양말을 들고 동생과 주위의 사람들에게 양말색을 물어보았다.

동생만이 자기처럼 재빛밤색이라고 하고 모두가 붉다고 하였다.

돌턴은 스쳐지나지 않고 그 리유를 밝히기 위한 연구를 하였다.

그리하여 그는 자기와 동생의 색감각이 다른 사람들과는 다르다는것을 알게 되였으며 《색맹을 론함》이라는 론문을 발표하였다.

후에 사람들은 그를 기념하기 위하여 색맹을 돌턴증이라고 불렀다.

제9절. 육 종

・육종과정은 어떤 단계로 나누는가?
・육종방법에는 어떤것이 있으며 그 원리는 무엇인가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《종자혁명을 하여야 농업생산에서 비약을 일으킬수 있습니다. 종자혁명을 하지 않고서는 농사에서 적지적작, 적기적작의 원칙을 지킬수 없으며 감자농사혁명도 일으킬수 없고 두벌농사도 발전시킬수 없습니다.》

현시기 우리 나라에서 식량문제, 먹는 문제를 우리 식으로 해결해나가자면 새로운 종자를 만들어내고 감자농사, 두벌농사, 콩농사를 잘하여야 한다.

여기에서 무엇보다도 새로운 종자를 많이 만들어내야 농업생산에서 비약을 일으킬수 있고 감자농사, 두벌농사, 콩농사도 발전시킬수 있다.

1. 육종과정

사람의 요구에 맞는 형질을 가진 새로운 우량품종을 만들어내는것을 **육종**이라고 부른다. 새로운 우량품종을 만들어내면 농업생산에서 비약을 일으킬수 있다고 하여 육종사업을 **종자혁명**이라고 부른다.

품종은 종과 달리 농작물의 키나 숙기, 이삭수, 이삭당알수, 천알질량, 집짐승의 몸질량, 자라는 속도, 젖이나 알 등 생산물의 량과 같은 농학적형질을 기본으로 하여 농작물이나 집짐승을 가르는 단위이다.

리용가치가 있는 형질이 후대에 정확히 전달되도록 사람이 만들어낸 개체무리(집단)를 **품종**이라고 부른다.

사람들은 오랜 옛날부터 새로운 품종을 만들어왔다. 그러므로 벼, 강냉이, 밀, 보리, 수수와 같이 재배력사가 오래고 재배면적이 넓은 작물일수록 품종수도 많다.

육종과정은 유전되는 변이체만들기, 선발, 고정 및 증식단계로 나눈다.

유전되는 변이체만들기단계

유전되는 변이는 자연적으로도 일어나고 인공적으로도 일으킨다.

자연적으로 일어난 변이를 리용하는 경우에는 변이를 일으키는 단계가 필요없다.

자연적으로 일어난 변이를 가지고는 새 품종을 많이 만들어낼수 없으므로 인공적으로 변이를 일으켜 리용한다.

인공적으로 유전되는 변이를 일으켜 리용하는데서 오래전부터 많이 쓰이는 방법은 인공섞붙임방법이다. 그러나 이 방법으로는 유전자나 물들체를 변화시키지 못하는 부족점이 있다. 이 부족점을 극복하기 위하여 방사선이나 유독성화학물질 등 여러가지 갑작변이요인을 작용시켜 변이를 일으켜 리용하고있다.

선발단계

쓸모있는 변이체를 옳게 선발하여야 육종에서 성공할수 있다.

선발에서 중요한것은 옳은 선발방법을 선택하는것, 선발지표와 선발기준을 정확히 선정하는것, 조사를 정확히 하는것이다.

선발방법에는 첫째로, 하나하나의 변이체를 대상으로 선발하는 개체선발방법과 변이체들을 다 선발하는 집단선발방법이 있다. 개체선발방법은 제꽃가루받이작물과 유전되는 힘이 센 형질에 대하여 적용하며 집단선발방법은 다른꽃가루받이작물과 유전되는 힘이 약한 형질에 대하여 적용한다.

둘째로, 나타난형을 보고 선발하는 나타난형선발방법과 유전자형을 알고 선발하는 유전자형선발방법이 있다.

셋째로, 목적하는 형질의 특성과 측정값에 기초하여 선발하는 직접선발방법과 직접 측정하기 어려운 형질들인 경우 목적하는 형질과 상관관계가 있는 형질을 통해 선발하는 간접선발방법이 있다.

고정 및 증식단계

선발한 변이형질이 후대에 유전되도록 유전자형을 같은형접합체로 만들어야 한다. 이 과정을 **형질의 고정과정**이라고 부른다. 육종에서는 이 기간이 길므로 그것을 단축하기 위한 연구가 많이 진행되고있다.

형질의 고정된 정도(고정도검정)는 형질에 따라 다르게 검정한다.

질적형질이면 후대에서 형질이 분리되는가 안되는가에 따라 검정하며 량적형질에 대하여서는 고정도검정을 위한 시험을 하여 판정하여야 한다.

형질이 고정되였으면 그 형질들을 그대로 유지시키면서 생산에 쓸만 한 종자를 마련하여야 한다. 동시에 표준품종과 소출비교시험을 하여 우량하면 국가품종비교시험에 의뢰한다. 여기서 합격되면 국가품종으로 등록한다.

2. 육종방법

육종방법에는 섞붙임육종법, 1대잡종육종법, 배수체육종법, 갑작변이육종법, 생물공학적육종법 등이 있다.

섞붙임육종법

서로 다른 어미아비계통이나 품종들을 섞붙임하여 새로운 우량품종을 만들어내는 방법을 **섞붙임육종법**이라고 부른다.

우리 나라에서는 섞붙임육종법으로 벼, 강냉이, 수수, 돼지를 비롯한 농작물과 집짐승에서 많은 우량품종들을 만들어냈다.

섞붙임계통 및 섞붙임집단육종법. 섞붙임육종에서 가장 중요한것은 섞붙임할 어미아비를 바로 정하는것이다.

섞붙임할 어미아비계통이나 품종을 정하면 섞붙임을 하여 잡종2대를 얻는다.

섞붙임계통육종법은 잡종2대에서 목적하는 형질을 가진 개체들을 개체별로 선발하여 계통이름을 달아 재배하면서 선발을 반복하여 형질이 고정된 새 품종들을 만들어내는 방법이다.

섞붙임집단육종법은 제꽃가루받이작물에서 섞붙임후대를 계속 몇세대동안 선발하지 않고 집단재배를 하여 대부분의 개체들이 각기 같은형접합체로 된 다음 목적하는 형질을 가진 개체들을 선발고정하여 새 품종을 만드는 방법이다.

먼갈래섞붙임육종법. 아종, 종, 속사이에 섞붙임을 하여 새 품종을 만들어내는 방법을 먼갈래섞붙임육종법이라고 부른다.

먼갈래섞붙임을 하면 섞붙임자체가 잘 안되고 종자가 맺혀도 싹이 잘 안트며 형질의 분리도 여러 세대동안 계속된다. 그러나 섞붙임된 종자에서는 두 종의 게놈사이에 개별적물들체나 일부 유전자들이 교환되여 새로운 변이가 일어날수 있다. 이런 특성을 리용하여 우리 나라에서는 처음으로 벼와 돌피(속사이), 조선형벼와 인디아형벼(아종사이)를 섞붙임하여 많은 품종을 만들어냈다.

최근 먼갈래섞붙임이 잘 안되는것을 극복하는 새로운 방법인 원형질체융합방법이 개발되여 비루스병에 견디는 힘이 센 감자품종을 비롯하여 많은 품종들을 만들어내고있다.

1대잡종육종법(잡종세지기육종법)

우리 나라에서는 강냉이를 비롯한 많은 농작물과 집짐승기르기에서 1대잡종육종법으로 생산을 크게 높이고있다.

서로 다른 계통이나 품종을 섞붙임하면 잡종1대에서 생활력이나 생산성이 훨씬 높아진다. 잡종1대에서 생활력과 생산성이 높아지는 현상을 **잡종세지기,** 잡종세지기를 리용하여 량친으로 리용할 우량계통을 만들고 이것들을 섞붙임하여 1대잡종종자를 생산하는 체계를 세우는것을 **1대잡종육종법**(잡종세지기육종법)이라고 부른다.

잡종세지기효과는 잡종1대에서 나타나고 잡종2대부터는 형질의 분리가 일어나면서 생활력과 생산성이 떨어진다.

그러므로 잡종1대육종에서는 어미아비로 리용할 우량한 계통을 보존하면서 잡종1대종자를 받아야 한다.

잡종세지기효과는 섞불임하는 어미아비계통에 따라, 섞불임방향에 따라 다르다.

그러므로 잡종세지기효과가 높은 어미아비를 고르기 위하여 많은 계통이나 품종사이에 섞붙임하여 우량한 어미아비를 골라야 한다.

강냉이에서 1대잡종육종법을 보면 다음과 같다.

먼저 많은 순계를 만들어야 한다. 이를 위하여 6～7세대동안 격리봉투를 씌워 제꽃가루받이하여 순계들을 만든다.

다음 순계들사이의 무이능력을 알아보기 위하여 계통간섞붙임을 하고 잡종1대의 생활력과 생산성을 조사한다.

무이능력이 높은 어미아비계통이 확정되면 해당한 계통들을 순계로 보존하면서 1대잡종종자를 생산하여 농장들에 보내준다.

그림 4-32. 강냉이의 1대잡종종자생산

배수체육종법

생물의 게놈을 배수로 늘여 새 품종을 만드는것을 **배수체육종법**이라고 부른다.

배수체작물은 주로 콜키신용액으로 씨앗이나 생장점을 처리하여 만들고 배수체동물은 온도충격이나 높은 압력처리를 하여 만든다.

배수체가 만들어지는 원리는 세포에 배수체유도요인이 작용하면 방추사가 만들어지지 못하거나 만들어진 방추사가 끊어져 물들체는 배수로 늘어나나 세포분렬이 멎어 하나의 세포에 2배의 물들체가 있는 4배체세포들이 만들어지는데 있다.

물들체가 배수로 된 세포는 다음부터 정상분렬을 한다.

3배체생물은 4배체와 2배체의 생물을 섞붙임하여 만든다.

우리 나라에서는 생산성이 높은 4배체박하, 4배체메밀, 4배체감자, 씨없는 3배체수박과 포도, 3배체와 4배체메기 등을 만들어 생산성을 높이고있다.

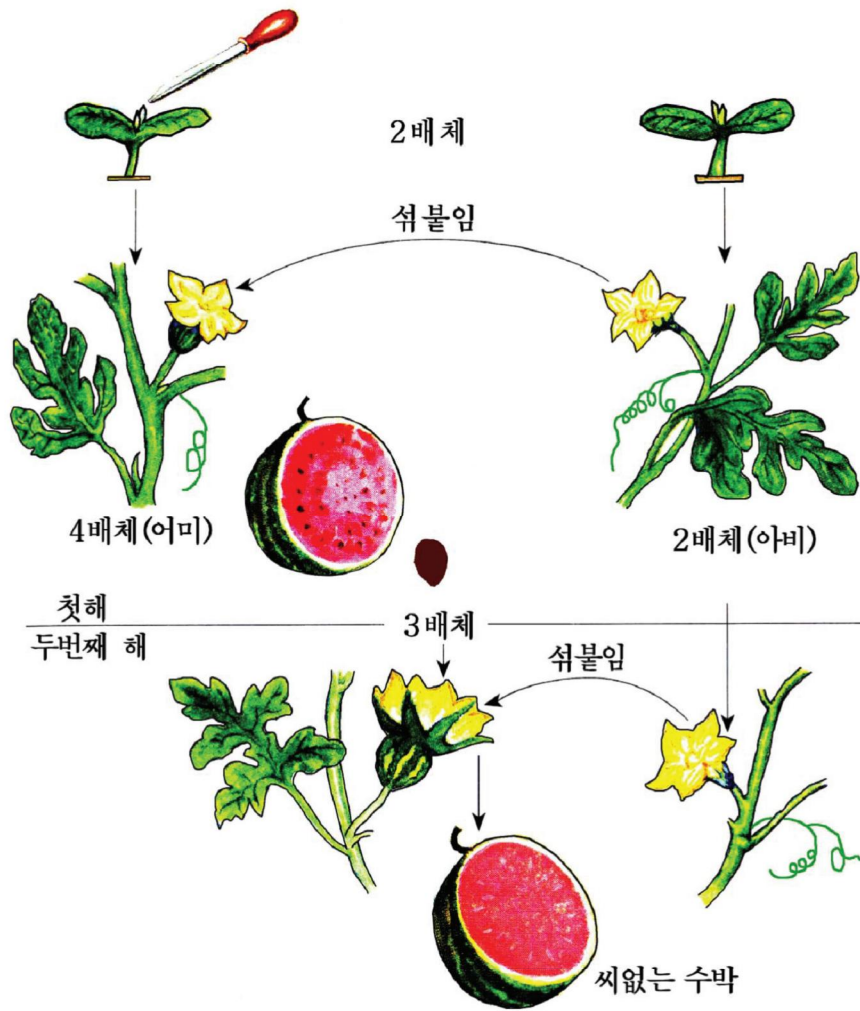



그림 4-33. 3배체수박만들기

갑작변이육종법

갑작변이요인을 처리하여 변이를 일으키고 그가운데서 쓸모있는 형질을 가진 개체들을 선발하여 새 품종으로 만드는것을 **갑작변이육종법**이라고 부른다.

식물을 갑작변이요인으로 처리하면 흔히 엽록소부족, 불염성, 난쟁이, 병저항성, 숙기 등에서 변이가 일어난다. 이런 특성을 리용하여 벼, 강냉이, 밀, 보리, 수수 등에서 키가 작고 병에 견디는 힘이 센 품종들과 유용한 물질의 함량이 높은 품종들을 만들어내고있다.

최근 식물세포를 시험관안에서 배양하면서 여기에 갑작변이요인을 작용시켜 지난날에는 해결하기 어려웠던 낮은 온도에 견디는 힘이 센 품종, 병저항성이 센 품종, 쓸모있는 성분함량이 높은 품종들을 만들어내고있다.

최근 박하에 이 방법을 적용하여 《장미박하》를 육종하였다.

이 품종의 향은 박하향이 아니라 장미향과 같고 그 생산성은 훨씬 높다. 장미향 1kg을 얻는데 100만송이의 장미꽃이 필요하지만 《장미박하》로는 식물체 50kg만 처리하면 된다.

생각하기

○ 종자혁명을 앞세워야 할 필요성은 어디에 있는가?

○ 육종에서 같은형접합체를 만드는 과정이 긴 리유는 무엇인가?

○ 잡종세지기효과가 섞붙임방향에 따라 달라지는 원인은 무엇인가?

○ 물고기에서 4배체를 얻기 위하여 온도충격을 준다. 더운물에서 사는 물고기와 찬물에서 사는 물고기에 어떤 온도충격을 주는것이 효과가 높겠는가를 생각하여라.

문 제

1. 품종이란 무엇이며 새 품종을 만들어내는것을 왜 종자혁명이라고 하는가?
2. 새 품종을 만드는 단계를 설명하여라.
3. 섞붙임육종법의 유전학적원리는 어디에 있는가?
4. 다배체식물의 좋은 점과 부족점은 어디에 있는가?

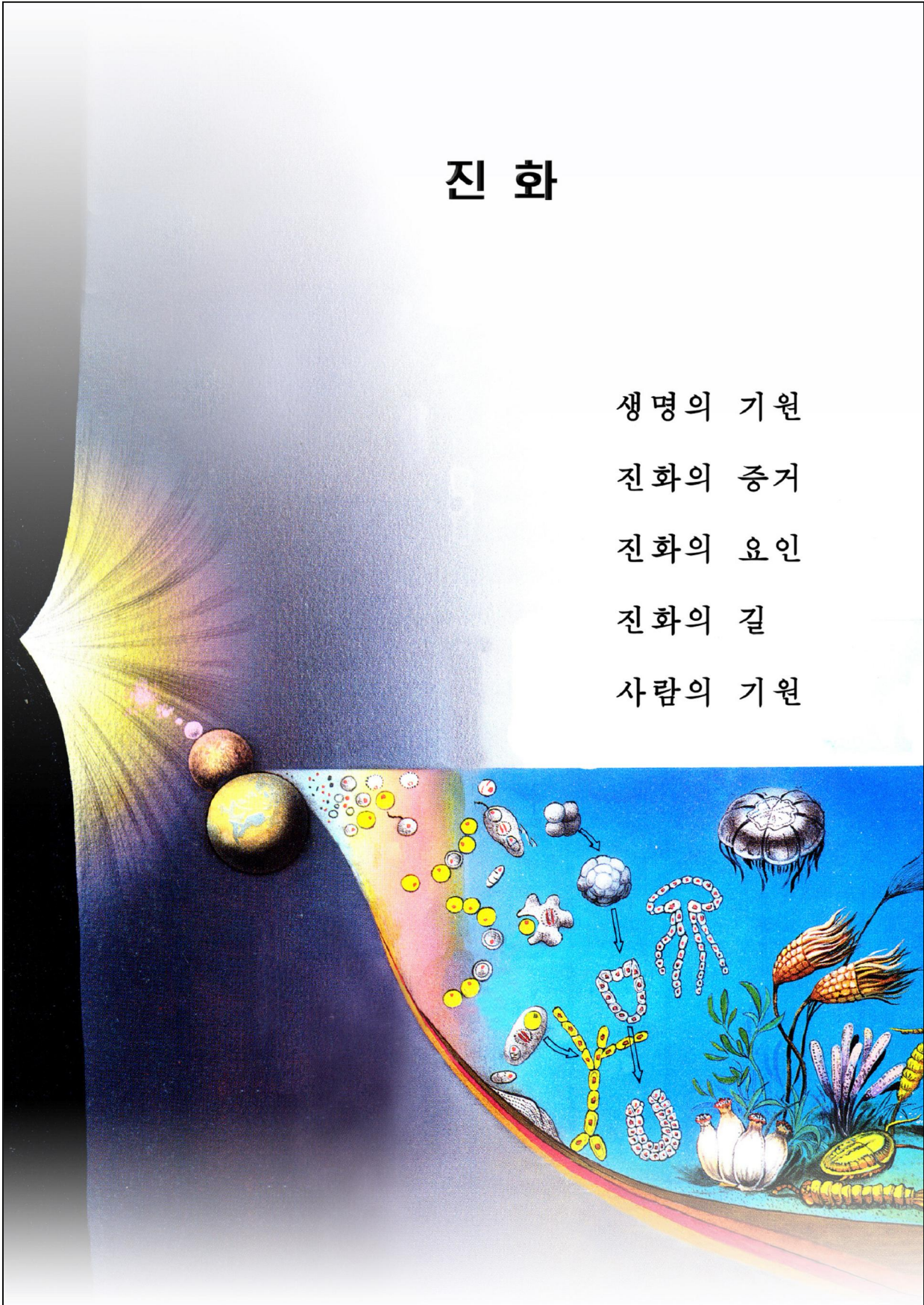
진 화

생명의 기원

진화의 증거

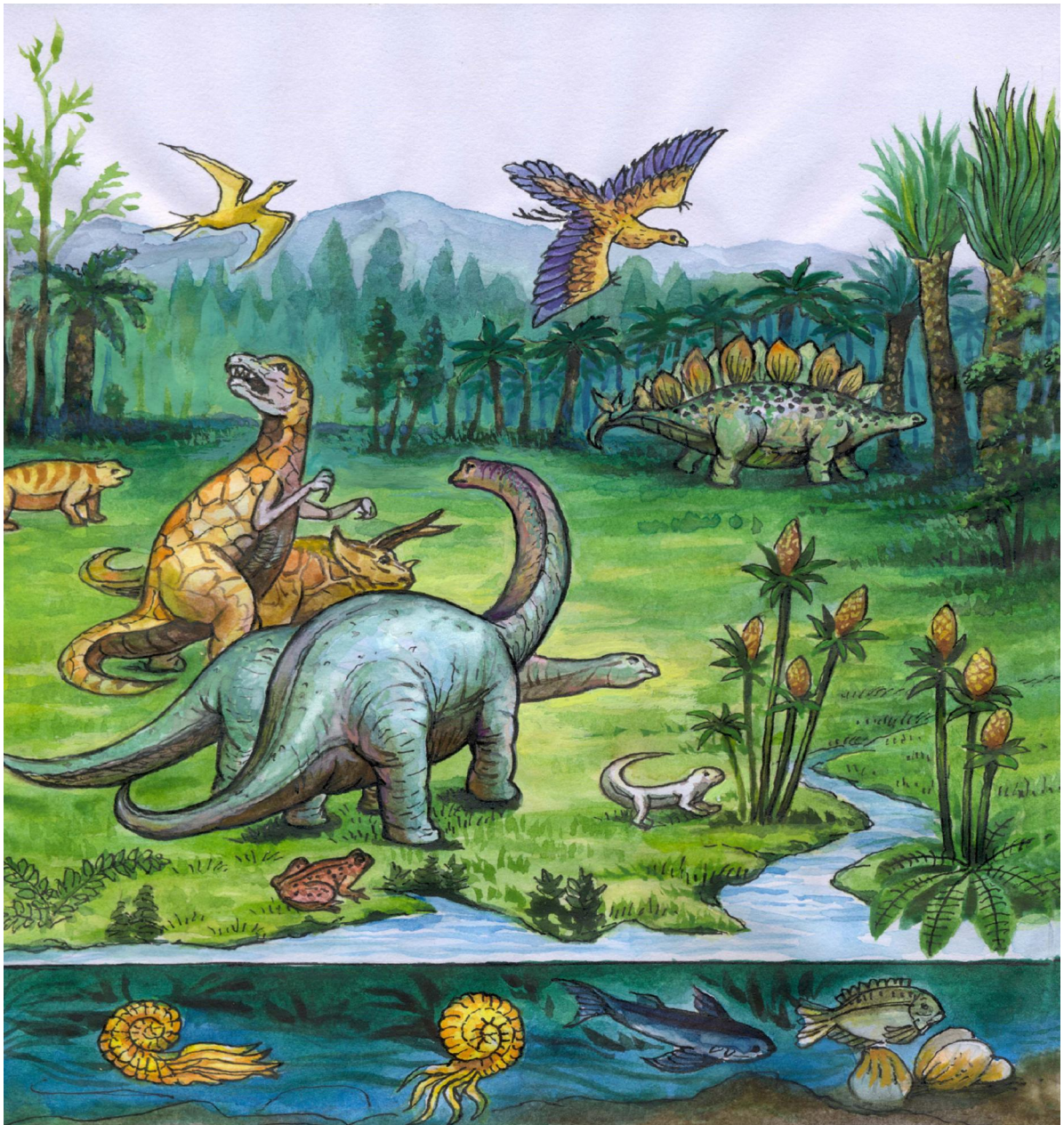
진화의 요인

진화의 길

사람의 기원

제5장. 진 화

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《세계가 본질에 있어서 물질이고 물질로 통일되여있으며 그자체의 법칙에 따라 운동하고 변화발전한다는것은 부인할수 없는 사실입니다.》

지구는 지금으로부터 45억년전에 생겨났으며 생물은 40억년전에 생겨났다고 본다.

지구상에 처음으로 생겨난 생물은 크기와 구조 瘁 생리적기능에 있어서 보잘것없이 작고 단순하지만 오늘에 이르기까지 장구한 기간이 흐르는 과정에 지금 우리가 보는 복잡하고 다양한 생물로 변화발전하였다. 이처럼 오랜 기간에 걸치는 생물의 변화발전을 **진화**라고 부른다.

제1절. 생명의 기원

· 지구에서 생명체는 어떤 과정을 거쳐 생겨났는가?

※ 첫 생명체로 진화하는데 단백질이 먼저 생기고 그이후 핵산이 생겼다고 하지만 RNA로 된 효소가 발견되면서 단백질보다 핵산이 먼저 생겼다는 견해도 있다.

생물이 생겨나기 전 화학물질의 생명체에로의 진화를 **화학진화**라고 부른다.

무기물질로부터 고분자물질의 형성

생물이 물질발전의 일정한 단계에 화학물질로부터 생겨났다는것은 여러 학자들의 연구자료에 의해 밝혀졌다.

지구화학의 연구자료에 의하면 화학진화가 일어나던 원시지구에는 CH_4, NH_3, HCN, H_2과 뜨거운 수증기가 있었다.

※ 원시지구는 매우 높은 온도로 하여 원소들이 원자상태로만 존재하던 때가 있었다. 지구가 점차 식으면서 C, H, N, O와 같은 원소들은 서로 반응하여 CH_4, NH_3, HCN, H_2을 만들었다. O_2은 산화물을 만드는데 다 쓰이였다. 지구의 온도가 내려가면서 수증기는 비로 되여 원시바다를 이루었다. 원시지구에서는 공중방전, 화산분출, 방사성원소의 핵붕괴와 같은 현상이 심하였으며 자외선도 세게 내리쪼였다.

밀러의 실험

학자 밀러는 그림 5-2와 같은 실험장치를 만든 다음 열을 가하면서 1주일간 계속 고압방전을 일으켜 처음으로 무기물질로부터 아미노산을 합성하는데 성공하였다.(1953년)

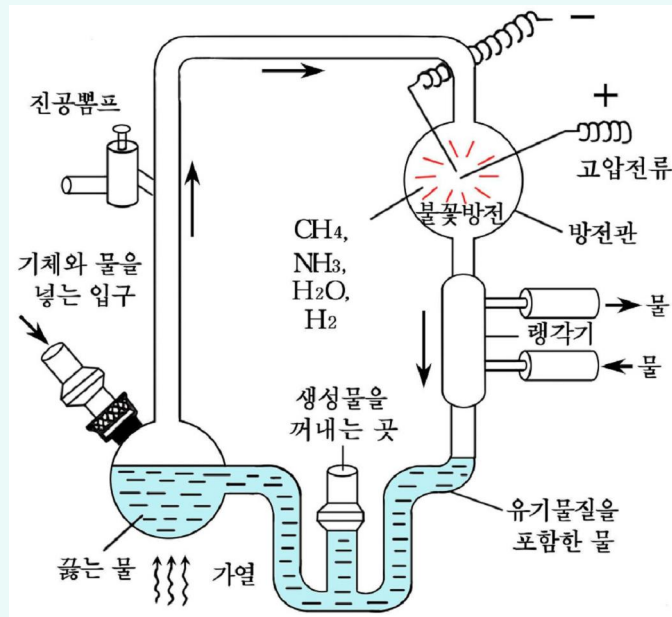



그림 5-2. 밀러의 실험

밀러의 실험이 있은 다음 몇년이 지나 한 학자는 원시지구에서 보다 얻기 쉬운 에네르기는 열에네르기라고 생각하고 밀러와 꼭같은 원료를 써서 열에네르기만으로 아미노산을 만드는데 성공하였다.

그후 많은 학자들이 실험실에서 단백질, 핵산을 합성하였다.

○ 실험조건들을 원시지구의 상태와 비교하면 어떤 결론을 얻을수 있는가?

무기물질로부터 단백질, 핵산을 비롯한 고분자물질이 만들어지기까지는 수억년이라는 오랜 기간이 걸렸다.

고분자물질구조물형성

생명현상이 일어나려면 생체물질이 주위환경과 일정한 경계를 가지고 일정한 구조를 갖추어야 한다.

원시지구에 생겨난 고분자물질이 어떤 방법으로 한곳에 모여 일정한 구조를 갖추게 되였는가 하는데는 여러가지 리론이 있지만 제일 많이 인정받고있는것은 꼬아쎄르바트와 미크로스페아의 형성에 관한 리론이다.

학자들은 원시지구에서 꼬아쎄르바트와 미크로스페아 같은 구조물이 생기고 이것이 오랜 기간을 거치는 과정에 가장 간단한 첫 생명체로 발전하였다고 보고있다.

2. 첫 생명체의 출현과 발전

첫 생명체의 출현

첫 생명체는 화학진화의 마지막시기에 꼬아쎄르바트나 미크로스페아와 같은 고분자물질로부터 생겼다.

자료분석

꼬아쎄르바트와 미크로스페아

단백질은 어떤 조건이 주어지면 매우 작은 알갱이로 되여 주위의 매질과 경계되는 막을 형성하는 성질을 가진다.

학자 오빠린은 단백질용액에 핵산, 기름질을 비롯한 다른 물질을 적당한 조건에서 뒤섞을 때 현미경적크기의 구조를 가진 작은 액체방울들이 물로부터 갈라져나오는것을 실험으로 관찰하고 이것을 **꼬아쎄르바트**라고 불렀다.

꼬아쎄르바트는 그안의 물질의 농도가 높아진 결과 화학반응이 활발해져 주위로부터 여러가지 물질을 받아들여 새로운 물질을 합성하기도 하고 분해하기도 하며 내보내기도 하는 성질을 가진다. 그리하여 주위로부터 물질을 많이 끌어들인것은 커지고 반대로 많이 내보내거나 분해된것은 작아진다.

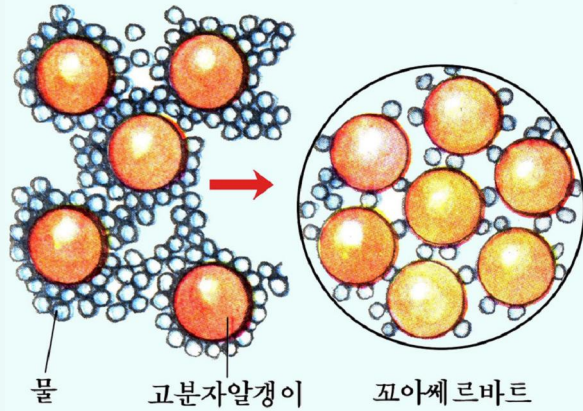
그림 5-3. 꼬아쎄르바트의 형성과정

학자 폭스는 아스파라긴산과 글루타민산 그리고 단백질의 조성에 들어가는 16가지 아미노산을 100℃이상의 온도에서 가열하여 축합시킴으로써 단백질과 비슷한 물질을 얻었다.

이 단백질과 비슷한 물질 즉 프로테노이드의 가장 중요한 성질은 아미노산이 일정한 순서로 배렬되고 단백질의 여러가지 특성을 가지고있는것이다. 물과 높은 농도의 염용액에서 프로테노이드는 직경이 0.5～3㎛의 작은 공모양체를 형성한다. 이 작은 공모양체를 **미크로스페아**라고 부른다.

미크로스페아는 생체막과 비슷한 막구조로 되여있어 삼투와 촉매기능을 수행한다. 뿐아니라 효모의 싹나기생식과 비슷한 방법으로 증식한다.

미크로스페아에서는 물분해, 수소떼기, 아미노기떼기, 산화 등의 효소작용도 있다는것이 증명되였다.

○ 꼬아쎄르바트에서 일어나는 현상이 생명현상의 어떤 점과 비슷하다고 보는가?

○ 미크로스페아의 구조와 성질이 생물체와 비슷한 점은 무엇인가?

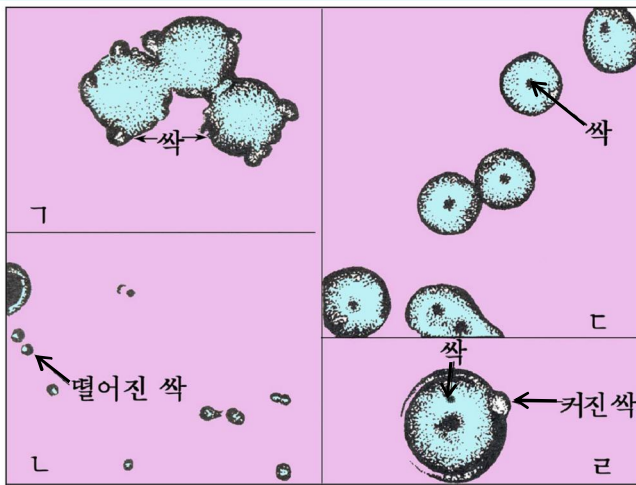



그림 5-4. 미크로스페아의 증식
(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ는 증식단계)

지금의 생물은 세균과 같은 하등한 생물이든 젖먹이류와 같은 고등한 생물이든 다 살아가는데 필요한 에네르기를 주로 ATP에서 얻으며 단백질, 핵산, 기름질, 당질을 생체구성물질로 하고있다. 모든 생물에서는 단백질을 구성하는 아미노

산을 결정하는 DNA의 유전암호가 같으며 물질대사를 바탕으로 하여 자라기, 생식을 비롯한 생명현상을 나타낸다.

※ 생명이란 무엇인가.

모든 생물(생명체, 생물체, 유기체)은 일정한 환경조건에 적응하여 구조물이 생기고 커져서 번식하여 후대를 남기는 생존능력을 가지고있다. 생존능력은 생물체의 핵산, 단백질, 기름질을 비롯한 생체물질과 환경요인의 호상작용, 대사작용에 의하여 저절로 나타나는 생리적과정이다.

따라서 생명이란 생물체의 생존능력이라고 볼수 있다.

생물은 생존능력을 가지고 물질 및 에네르기를 끊임없이 받아들이고 내보내는 계이다.

이러한 사실은 원시지구에 형성된 수많은 고분자구조물가운데서 적어도 그안에 구조와 기능의 특성을 유지조절하는 DNA, RNA, 에네르기대사의 중심적역할을 하는 ATP, 여러가지 대사과정에 참가하는 효소를 가지고있는것이 첫 생명체로 될수 있었다는것을 말해준다.

미크로스페아와 같은 고분자구조물이 이러한 조건을 갖춘 첫 생명체로 되기까지에는 매우 오랜 기간이 걸렸으며 지금으로부터 약 40억년전에 첫 생명체가 출현하였다고 보고있다.

처음에 생겨난 생명체는 오늘의 세균보다도 구조가 매우 간단하여 아무런 세포기관도 갖추지 못한 생명체의 덩어리에 지나지 않았다.

이때부터 원시생물(처음으로 생물의 일부 성질을 나타낸것이 생겼다는 의미에서 첫 생명체를 이렇게 불렀다.)은 자연선택의 영향을 받아 차츰 구조가 째여지고 복잡해지는 방향으로 진화하였다.

원시핵생물의 기원

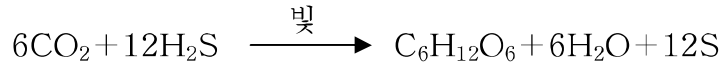
원시핵생물은 세균처럼 온전한 핵을 가지지 못한 생물이다.

원시생물이 어떻게 원시핵생물로 발전하였는가.

원시생물은 영양물질을 바다속에 풀려있던 유기물질로부터 얻는 남영양생물이였다. 원시생물은 살아가는데 쓰이는 에네르기를 무산소숨쉬기방법으로 얻었을것이라고 본다.

원시생물이 불어남에 따라 바다에 축적되였던 유기물질은 점차 줄어들고 숨쉬기과정에 생긴 CO_2이 많아져 환경은 몹시 변하였다.

이러한 조건에서 원시생물가운데서 붉은색류황세균과 같이 빛을 리용하여 CO_2을 동화하는 제영양생물이 생겨났다. 이것들은 CO_2을 환원하는데 필요한 수소를 분해하기 쉬운 H_2S로부터 얻었다.

$$6CO_2 + 12H_2S \xrightarrow{\text{빛}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12S$$

한편 빛에네르기를 리용하여 CO_2을 환원하는데 필요한 수소를 물에서 얻는 생물이 생겨났다. 이것이 남색세균이였다.

남색세균의 출현은 물을 분해하여 O_2을 내보냄으로써 생물계의 발전에 크게 기여하였다.

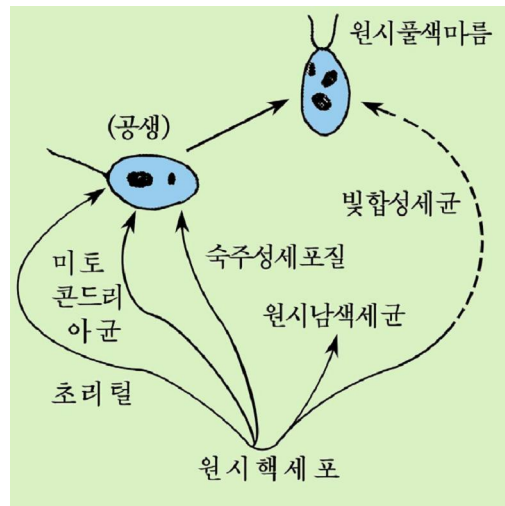
진정핵생물의 기원

진정핵생물은 핵을 비롯한 여러가지 세포기관들을 다 갖추고있는 생물이다.

진정핵생물이 원시핵생물로부터 어떻게 생겨났는가를 공생설로 설명하고있다. 공생설에 의하면 숙주로 된 원시핵생물에 원시핵생물들인 운동력을 가진 라선균, 숨쉬기효소를 세포막에 가지고있던 미토콘드리아균, 빛합성세균 등이 단계적으로 들어가 공생하게 됨으로써 제영양진정핵생물이 생겨났다고 보고있다.

그림 5-5. 진정핵생물의 기원

이 진정핵생물은 식물과 동물의 선조로 되였다.

원시핵생물로부터 진정핵생물이 생겨나던 시기는 지구력사에서 시생대에 해당한다. 시생대는 35억년전부터 시작되여 20억년간 걸렸다.

1. 끄아쎄르바트나 미크로스페아를 생명체로 보지 않는 근거는 무엇이겠는가?
2. 원시남영양생물과 지금의 남영양생물의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 생명체가 생겨서 진화하는 과정에 영양방식이 어떻게 달라졌는가?
4. 빛합성생물의 출현이 원시생물의 발전에서 어떤 의의를 가지였는가?

제2절. 진화의 증거

· 진화의 증거에는 어떤것들이 있으며 그것이 왜 진화의 증거로 되는가?

생물의 진화는 오랜 기간에 걸쳐 끊임없이 진행되므로 직접 관찰할수는 없다. 그러나 많은 사실적자료를 따져보면 생물이 끊임없이 진화하여왔다는것을 알수 있다.

1. 화 석

옛날에 살던 생물이나 그 흔적이 돌처럼 되여 남아있는것을 **화석**이라고 부른다.

화석에는 땅속에 묻힌 생물에 광물질이 침투되여 돌처럼 굳어진것과 뼈, 조가비같은 굳은 부분이 보존되여있는것이 많다. 그밖에 돌에 판박혀 조각품처럼 된것, 발자욱흔적이 남아있는것, 곤충이 나무진에 싸인채로 탄화되여 남은것 등 여러가지가 있다.

그림 5-6. 화석생물

지금까지 발견된 화석가운데서 가장 오랜것은 남아프리카에서 발견된 30억년전의 세균의 화석이다.

화석들을 비교하여보면 덜 발전한 생물의 화석일수록 오랜 땅층에 묻혀있고 발전한 생물의 화석은 그후에 생긴 땅층에 묻혀있다는것을 알수 있다. 련속되는 땅층에서 한 종류의 생물의 순차적인 변화상태를 보면 그 생물이 어떻게 진화하여왔는가를 알수 있다. 신생대 제3기초 땅층에서 발견된 말의 화석을 보면 개만 한 크기에 앞다리에 4개, 뒤다리에 3개의 발가락이 있었으며 발가락끝은 발굽으로 되여있었고 수림속에서 나무잎을 먹으면서 살았다. 그후 들판에서 살게 되면서 가운데발가락 하나만 발달하고 나머지는 차츰 퇴화되여 없어졌으며 몸집도 커지고 이발도 변화되여 오늘과 같은 말로 되였다.

※ 화석을 보고 옛날 생물의 모습을 어떻게 알수 있는가.

옹근 화석은 물론이고 부분화석을 가지고도 상관법칙을 적용하여 연구하여보면 옛날에 살던 생물의 모습을 알수 있다.

생물의 모든 기관은 련관된 하나의 체계로 이어져있다. 한 기관이 변하면 다른 기관들에 영향을 주어 이와 관련된 모든 기관들이 변하게 된다. 이러한 상관관계에 기초하여 몸의 형태가 완성되게 된다. 그러므로 상관관계를 리용하면 한개의 이발을 가지고도 그 동물의 전체 모습을 되살려낼수 있다.

화석자료를 연구한데 의하면 옛날에 살다가 죽은 화석생물은 지금의 생물과 이러저러하게 련결되여있으며 선조로 된것들도 적지 않다.

우리 나라에서는 조선시조새, 시조개구리를 비롯하여 생물의 진화를 보여주는 화석들이 많이 나왔다.

2. 모양과 구조에서 나타나는 증거

생물이 진화하였다는것은 지금 살아있는 생물의 모양과 구조를 비교하여보아도 쉽게 알수 있다.

같은기관

젖먹이류의 앞다리와 사람의 팔은 모양과 하는 일은 서로 달라도 기본적인 구조는 모두 같으며 배발생과정에 배의 같은 부분에서 생겨났다. 이렇게 모양과 하는 일이 다르지만 구조와 기원이 같은 기관을 **같은기관**이라고 부른다.

자료분석

같은기관

그림 5-7. 사람의 팔과 젖먹이류의 앞다리

○ 그림 5-7에서 하는 일이 어떻게 다른가를 살펴보아라.

○ 뼈의 생김새에서 어떤 같은 점이 있는가를 생각해보아라.

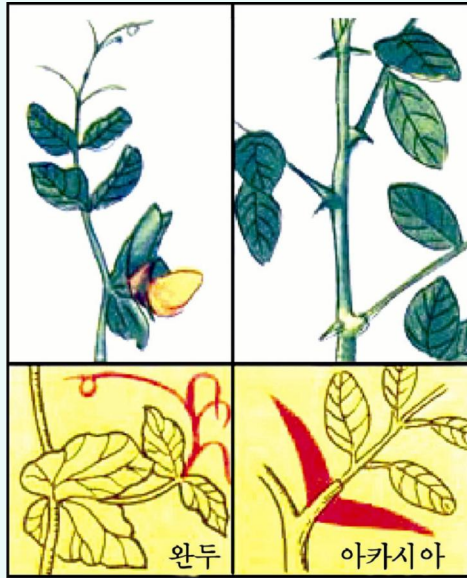



그림 5-8. 식물의 같은기관

같은기관은 식물에서도 찾아볼수 있다.

○ 완두의 감김손잎과 아카시아나무의 가시는 어떤 기능을 맡아하기에 알맞게 되였는가?

○ 그림 5-8에서 감김손잎과 가시는 어떤 기관이 변한것이라고 생각하는가?

생물의 같은기관은 그의 선조들사이에 서로 가까운 관계가 있었다는것과 맡아하는 일이 달라지면 기관의 모양도 변한다는것을 보여준다.

닮음기관

새의 날개나 곤충의 날개는 하는 일과 모양은 비슷하게 보이지만 새의 날개는 앞다리가 변한것이고 곤충의 날개는 피부가 변한것이다. 이와 같이 구조와 기원은 다르지만 모양과 하는 일이 비슷한 기관이 **닮음기관**이다.

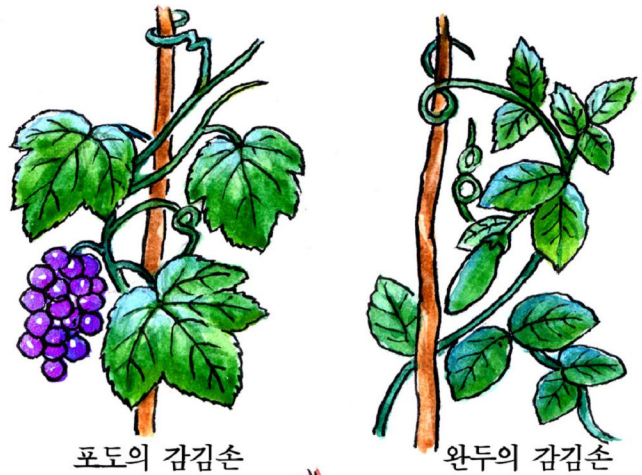



그림 5-9. 닮음기관

생각하기

같은기관과 닮음기관의 다른 점은 무엇인가?

닮음기관은 서로 다른 기관도 같은 일을 맡아하게 되면 그에 맞게 변한다는것을 보여준다.

흔적기관

옛날에는 중요한 일을 맡아하던것이 지금은 그 역할이 충분하지 못하고 흔적상태로 남아있는 기관을 **흔적기관**이라고 부른다.

고래의 다리와 말의 가운데발가락을 제외한 나머지 발가락은 완전히 퇴화되였거나 흔적으로만 남아있다. 이런 흔적기관이 남아있는것은 고래가 네다리를 가진 선조로부터, 말은 다섯발가락을 가진 선조로부터 발전하였다는것을 보여준다.

3. 발생과정에 나타나는 증거

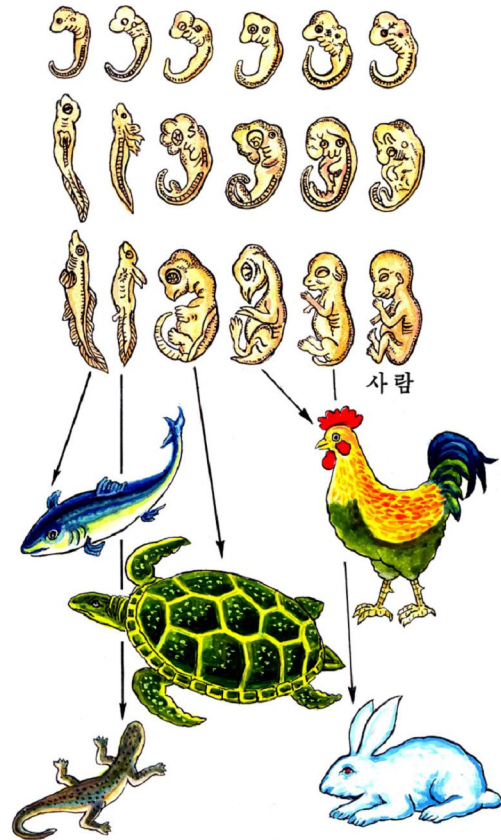
모든 척추동물의 배는 처음에 물고기모양을 하고 아가미짬을 가진다. 발육과정에 점차 모습이 달라지면서 물고기, 도롱뇽, 거부기, 닭, 토끼 등 해당 생물의 모양을 갖춘다.

이것은 모든 척추동물이 옛날에 아가미를 가지고 물에서 살던 하나의 선조로부터 생겨 서로 다르게 진화하였다는것을 보여준다.

도이췰란드의 동물학자 헥켈은 여러가지 동물의 발생을 연구한데 기초하여 수정된 알이 엄지로 되는 개체발생과정은 그 생물이 진화하여온 계통발생과정을 짧은 기간에 되풀이한다는 **반복법칙**을 내놓았다. (1866년)

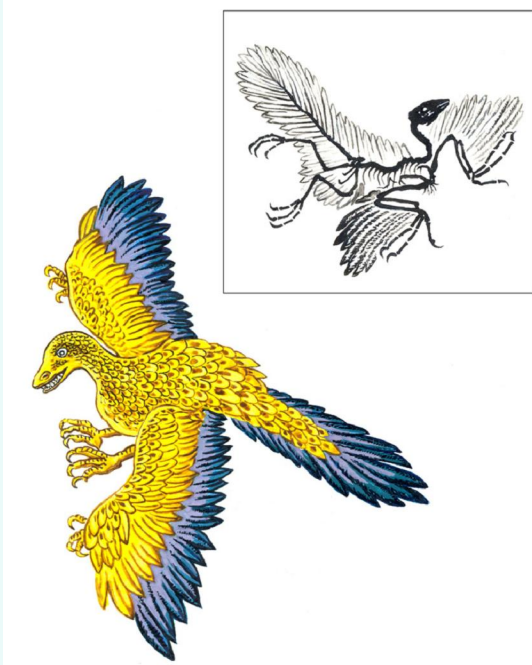
그림 5-10. 배발생과정

4. 분자생물학적증거

생물을 비교해보면 겉모양은 큰 차이가 있으나 몸구성물질과 몸안에서 진행되는 생리생화학적반응에는 같은 점이 많다.

생각하기

어느 생물이나 유전물질로서 DNA를 가지고있으며 ATP를 에네르기로 하여 살아가고있다. DNA는 아데닌, 구아닌, 시토신, 티민의 4개 염기로 이루어져있고 이가운데서 련속된 3개의 염기인 3련체가 유전암호로 작용하고있다. 이러한 사실로부터 어떤 결론을 얻을수 있는가?

자료분석

그림 5-11. 조선시조새
(화석을 보고 상상한 그림)

조선시조새

시조새화석을 보면 오늘의 새가 옛날에 살던 파충류에서 기원하여 진화하였다는것을 알수 있다.

○ 시조새그림을 놓고 파충류와 비교해보면서 같은 점과 다른 점이 무엇인가를 찾아보아라.

문 제

1. 우리 나라에서도 많은 화석들이 체계적으로 나왔다. 이것을 보고 무엇을 알수 있는가?
2. 같은기관과 닮음기관이 왜 진화의 증거로 되는가를 설명하여라.

시토크롬 C와 진화

생물의 진화를 연구하는데 피물반응, 효소분리, 핵산과 단백질의 1차구조분석방법 등을 쓰고있다.

분자생물학의 발전은 단백질을 이루는 아미노산과 핵산의 염기를 분석하여 종들사이의 류연관계를 밝힐수 있는 과학적토대를 마련하여놓았다.

산소숨쉬기를 하는 생물에는 시토크롬 C라는 효소가 있다. 이 효소는 104개의 아미노산으로 이루어진 단백질이다. 생물종들사이의 시토크롬 C의 아미노산조성을 분석하여 비교하면 35개는 같으나 나머지는 종에 따라 다르다.

아미노산조성이 같은 35개는 시토크롬 C의 기능을 유지하기 위하여 반드시 필요한 부분이므로 이것이 변한 생물은 살지 못한다.

시토크롬 C의 1차구조의 비교

종 및 류사이	차이나는 아미노산수
돼지 — 소 —양	0
말 — 소	3
젖먹이류 — 닭(새류)	10～15
젖먹이류 — 다랑어(물고기류)	17～21
무척추동물 — 효모(균류)	43～48

표에서 보는것처럼 류연관계가 가까울수록 차이나는 아미노산수가 적다.

헤모글로빈과 시토크롬 C에서 생물에 따라 아미노산조성이 다른것은 DNA의 염기조성차이로 생긴것이다.

생물에서 단백질의 아미노산조성이 비슷할수록, DNA의 염기조성이 비슷할수록 류연관계는 가깝다.

몇가지 화석

《조선시조새》화석. 이 화석은 1989년 3월 신의주시 백토동 중생대 땅층에서 발굴되였다. 화석에서는 머리, 목, 날개뼈, 날개깃이 나타났다. 조선시조새는 발톱으로 나무에 기여오른 다음 날개깃을 펴고 비행하였다.

1861년 도이췰란드에서 나온것보다 이른 시기에 살던 시조새이다.

《조선시조새》화석은 **김일성**종합대학 자연박물관에 보관되여있다.

털코끼리화석. 신생대 제4기 빙하기에 살던 코끼리이다. 온몸은 긴털로 덮이고 상아가 매우 크게 발달되여있었다. 화석은 함경북도 화대군 제4기 땅층에서 나왔다.

《시조개구리》화석. 화석은 1991년 8월 신의주시 백토동의 1억 5천만년전의 땅층에서 발굴되였다.

지금까지 세계적으로 발견된 개구리화석은 모두 6천만년전인 신생대의 땅층에서 발견된것이지만 시조개구리화석은 그것들보다 9천만년이나 앞선 시기의 화석이다.

평양걸씨식물화석. 평양시 중구역에 있다. 1억 5천만년전에 무성하였던 잣나무이다. 화석식물의 직경은 70cm정도이며 껍질, 나무속, 년륜이 뚜렷하고 뿌리도 갈라볼수 있다.

제3절. 진화의 요인

· 진화와 하디—와인베르그법칙사이에는 어떤 호상관계가 있는가?
· 진화의 요인에는 어떤것이 있으며 그것들의 호상관계는 어떠한가?

1. 집단과 진화

진화과정을 밝히자면 개체가 아니라 개체무리에서 어떻게 새로운 종이 생겨나는가를 알아야 한다.

집단의 유전에서는 개체의 경우와는 다른 독특한 법칙성이 나타난다.

집단안의 유전자와 유전자형의 상대적빈도는 대가 거듭되여도 변하지 않는다는것이 **하디—와인베르그법칙**이다. 이 법칙이 성립되자면 다음과 같은 조건이 만족되여야 한다.

① 문제로 삼는 유전자를 가진 개체는 살아가는데서나 번식하는데서 유리한 점도, 불리한 점도 없어야 한다.

② 집단이 충분히 커야 한다.

③ 짝붙임이 자유롭게 진행되여야 한다.

④ 갑작변이률이 낮고 선택, 격리의 영향을 받지 말아야 한다.

⑤ 집단사이에 유전자형의 이동이 없어야 한다.

유전자의 빈도가 변하지 않으면 형질은 달라지지 않으며 진화는 일어나지 않는다. 진화가 일어나자면 하디—와인베르그법칙이 성립되지 못하게 하는 요인이 작용하여야 한다. 이러한 요인가운데서 중요한것은 갑작변이를 비롯한 유전적변이, 선택, 격리이다.

2. 유전적변이

생물의 진화가 일어나자면 변이가 생겨야 한다. 그러나 생물체에서 변이가 일어나도 그 변이형질이 유전되지 않으면 진화에서는 아무런 의의도 가지지 못한다.

생물이 진화하려면 유전적변이가 일어나야 한다.

유전적변이는 진화의 재료라고 말할수 있다.

진화에서는 갑작변이가 중요한 요인으로 된다. 유전자갑작변이는 하나의 유전자에 대하여 매 세대마다 10^{-5}～10^{-8}의 매우 낮은 빈도로 일어난다. 그러나 생물이 집단을 이루고 살며 발전된 생물에 유전자의 수가 매우 많다는것을 생각하면 집단에서 유전자갑작변이빈도는 결코 낮은것이 아니다. 여기에 물들체의 구조와 수의 변화까지 합치면 갑작변이빈도는 더 높아진다. 이렇게 생물의 집단안에서 갑작변이가 일어나면 생물이 진화하게 된다.

무이변이도 진화의 요인으로 된다. 무이변이의 수는 대립형질의 수에 관계된다. 이밖에 물들체엇바뀜과 유전자의 서로작용까지 합치면 무이변이의 수가 많아진다.

3. 선 택

생물이 진화하자면 집단안에 유전적변이가 생긴 다음 그가운데서 어떤것이 선택(도태)되여야 한다. 선택에는 자연선택과 인공선택이 있다.

자연선택

영국의 생물학자 다윈은 1831년부터 1836년까지 《비글호》를 타고 세계를 일주하였다. 그는 남아메리카로부터 약 1 000km 떨어져있는 갈라빠고스섬의 동물상을 조사하는 과정에 자연선택에 의한 진화를 확신하게 되였다. 다윈은 야생동식물의 변이는 환경에 따라 자연선택되여 보다 잘 적응된것이 남게 되며 생존경쟁에 의하여 진화가 촉진된다고 하였다.

환경에 대한 적응정도가 기준으로 되여 선택이 진행되는것이 **자연선택**이다.

자연선택이 진행되자면 야생생물에서도 변이가 일어나야 한다.

야생생물의 변이는 자유섞붙임과 자연갑작변이의 작용으로 일어난다. 생물에서 일어난 변이는 그 생물이 살아가는데 리로울수도 있고 해로울수도 있다. 환경에 잘 적응된 변이가 일어난것은 후대를 많이 남기고 널리 퍼지게 되지만 적응되지 못한 변이가 일어난것은 후대가 줄고 나중에는 죽어없어지게 된다.

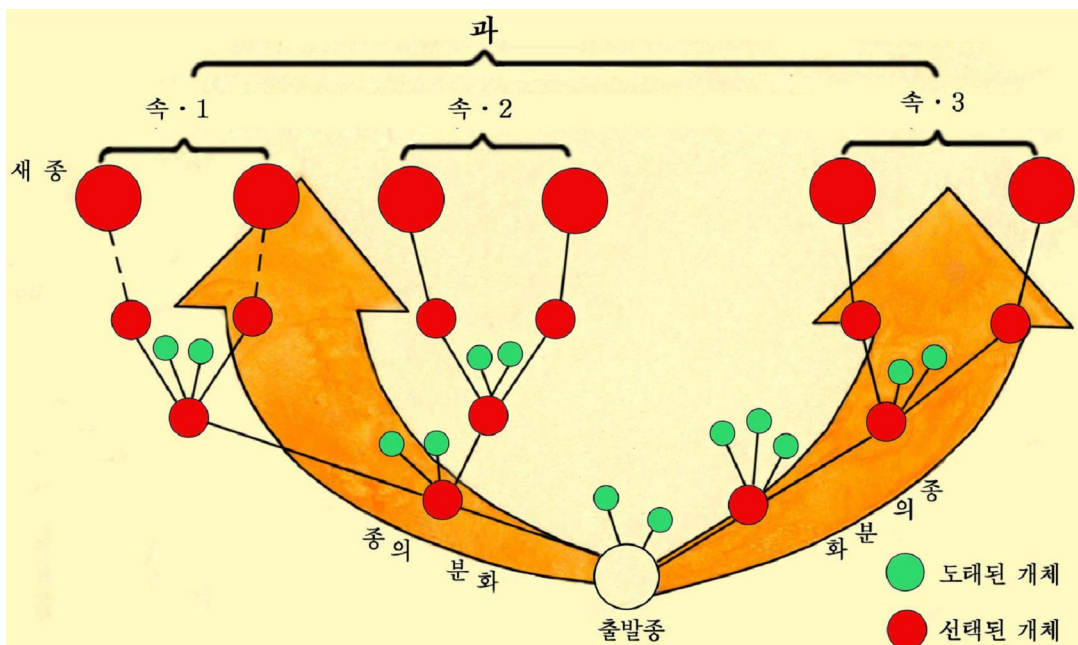



그림 5-12. 자연선택에 의한 종의 분화과정

이와 같이 생물에서 일어난 변이가운데서 리로운것은 자연선택에 의하여 끊임없이 쌓여져나간다. 이러한 과정이 오래동안 거듭되면 같은 종의 생물에서도 형질의 차이가 심하게 되여 새로운 종이 생겨나게 된다. 한편 환경에 더 잘 적응하게 된다.

자벌레밤나비의 변이

19세기 중엽까지 영국의 한 공업지대에는 밝은색을 띤 자벌레밤나비가 살았다. 공해로 점차 연기에 끄슬려 모든 건물과 나무들까지도 어둑컴컴하게 되였다.

그림 5-13. 자벌레밤나비

자벌레밤나비들가운데서는 어둑컴컴한 색을 띤 변이형들이 나타나기 시작하였다. 변이형들은 점차 불어나서 19세기말에 이르러서는 거의 모든 자벌레밤나비들이 어두운색변이형이였다.

○ 어떻게 되여 변이형이 불어나게 되였겠는가?

○ 진화의 어떤 요인이 여기에 작용하였겠는가?

○ 유전적변이와 자연선택을 공장의 제품생산과 련관시켜 말해보아라.

인공선택

집짐승과 재배식물의 선조는 모두 자연계에 있던 야생종이다. 야생종으로부터 사람에게 더 리로운것을 골라서 생산성이 높은 농작물이나 집짐승을 길러내는것을 **인공선택**이라고 부른다.

사람들은 야생동식물을 기르고 가꾸면서 쓸모있는것을 골라서 품종수를 늘이였다. 그리하여 4 000여년전에 한 종이였던 야생닭이 오늘은 170여품종으로, 소는 400여품종으로 늘어났다.

인공선택이 오랜 기간 거듭되면 선조와 다른 형질을 가진 새로운 품종이 생겨나므로 이것도 진화의 요인으로 된다.

두 선택가운데서 자연선택은 진화의 중요한 요인으로 된다.

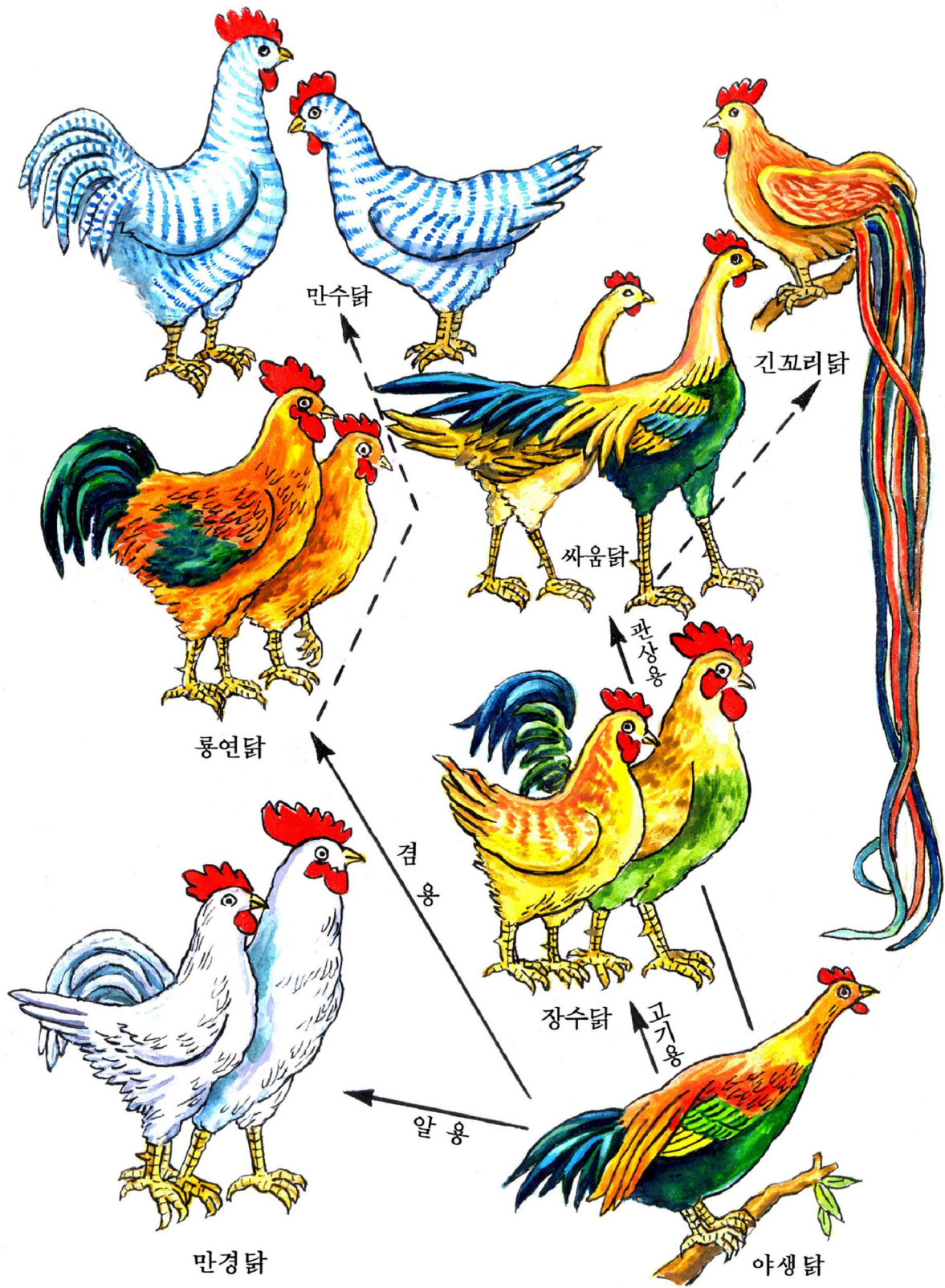



그림 5-14. 닭품종의 기원

4. 격 리

종안의 개체들사이에는 짝붙임이 자유롭게 진행된다. 이것은 종의 중요한 특성이다. 그러나 어떤 원인으로 종안의 한 집단의 개체가 다른 집단의 개체와 서로 떨어져 자유롭게 짝붙지 못하면 독립적으로 진화하게 된다.

이처럼 종안에서 짝붙임을 자유롭게 못하도록 서로 갈라놓는것을 **격리**라고 부른다.

격리에는 섬, 해협, 산줄기의 형성 등 지리적격리와 행동, 번식시기의 차이로 인한 생리적격리가 있다. 격리된 개체들이 자연선택되여 여러 세대가 지나면 일정한 유전자들만 남아서 새로운 종으로 진화하게 된다.

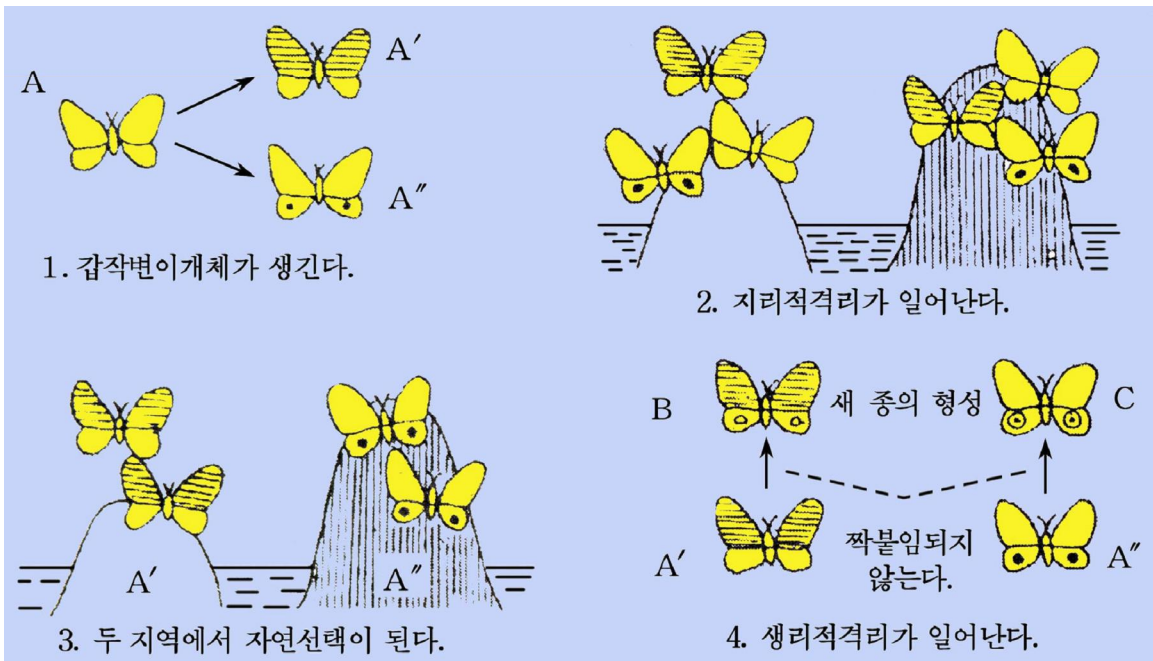



그림 5-15. 격리에 의한 새 종의 형성

5. 종합진화설

생명과학이 발전하면서 아미노산과 핵산의 구조분석에 의하여 종사이, 개체사이의 차이가 밝혀지고있다.

분자생물학, 유전학의 성과를 반영하여 진화를 종합적으로 설명하고있다.

진화가 일어나자면 먼저 갑작변이와 섞붙임에 의하여 집단의 유전자구성에서 변화가 일어나야 한다. 집단안의 변이된 개체들은 자연선택과 격리에 의하여 진화의 방향이 정해지며 이것이 반복되여 새 종으로 된다.

해보기

인공선택과 자연선택의 비교표를 다음과 같이 만들고 같은 점과 다른 점을 써넣어 표를 완성하여라.

구 분		인공선택	자연선택
같은 점			
다른 점	선택대상		
	언제부터 시작되였는가?		
	선택속도		
	어떤 변이가 축적되는가?		
	선택의 정확성		
	선택결과 무엇이 생기는가?		

문 제

1. 자연계의 생물체에서 일어나는 리로운 변이와 해로운 변이의 정도는 무엇으로 평가하는가, 이 두 변이가 진화에서 어떤 작용을 하겠는가?
2. 한 종안의 어떤 두 집단에서 갑작변이가 일어났다.
   다른 조건들은 모두 같고 집단안에 포함되여있는 개체수만 다를 때 큰 집단과 작은 집단가운데서 어느 집단이 새로운 종으로 더 빨리 분화되겠는가?

제4절. 진화의 길

· 생물집단들이 어떤 과정을 거쳐 진화하였는가?
· 진화과정에 어떤 특징들이 생겨나 어떻게 발전하였는가?

모든 생물은 초기 선조로부터 생겨나 오랜 기간을 거쳐 점차 발전하여 오늘과 같이 되였다.

레를 들면 원숭이는 여러가지 종류가 있지만 같은 선조로부터 나온것이며 돼지와 메돼지 역시 같은 선조로부터 나온것이라고 본다. 더 먼 옛날로 거슬러 올라가

원숭이의 선조를 보면 어느때에는 돼지나 메돼지의 선조와 련결되여있었다고 생각할 수 있다.

이와 같이 생물이 공통선조로부터 생겨나 갈래를 이룬 생물집단들을 **계통**이라고 부르며 계통을 나무가지모양으로 그린것이 **계통수**이다.

생물의 계통수를 보면 생물집단들의 기원과 갈래, 류연관계와 발전수준 등 진화과정을 직관적으로 알수 있다.

생물의 진화과정은 지구의 발전시기를 나누는 지질시대와 뗄수 없이 련관되여있다. 생물의 계통을 밝히기 위하여서는 지질시대와 밀접히 결부하여보아야 한다.

시생대에 원시생물이 생겨났다. 그다음 오랜 기간이 지난 원생대에 와서 마름류와 같은 식물이 발생하고 뒤따라 무척추동물이 생겼다. 제일 먼저 생긴것은 단세포생물이며 이것에서 다세포생물이 생겼다. 고생대에 여러가지 발전된 식물이 생겼다.

모든 생물은 처음에는 물속에서 살았고 땅우에서 사는 생물은 고생대 실루르기의 생활환경의 변화에 따라 생겼다.

1. 원시핵생물과 식물의 진화

원시핵생물로부터 진정핵생물로의 진화

세균과 같은 원시핵생물은 한개의 세포로 되여있고 온전한 핵이 없다. 세균은 남영양생활을 하며 남색세균은 색소체는 없으나 색소를 가지고 빛합성을 하면서 제영양생활을 한다.

남색세균에 가까운 원시핵생물로부터 진정핵생물인 풀색마름, 규소마름, 밤색마름, 붉은마름이 갈라져나왔다고 본다. 이것들은 핵막으로 둘러싸인 진정한 핵을 가지고있었으며 1～2개의 초리털을 가지고 운동하였다. 또한 엽록소를 가지고 빛합성을 하는 제영양생활방식이 발달하였다. 이것들가운데서 붉은마름은 생활과정에 초리털을 가지지 않지만 그밖의것은 초리털을 가진다.

이것은 붉은마름이 초리털이 없는 원시핵생물에서 기원하였고 그외는 초리털이 있는것에서 갈라져나온 계통이라는것을 말해준다.

단세포식물로부터 다세포식물에로의 진화

세균은 모두 단세포이고 풀색마름, 규소마름은 단세포, 무리체, 다세포로 되여있다. 밤색마름, 붉은마름과 그보다 발전된 식물은 모두 다세포식물이다. 이것은 식물이 단세포로부터 무리체형태를 거쳐 다세포식물로 진화하였다는것을 말해준다.

마름류로부터 땅우식물에로의 진화

마름류는 모두 제영양생활방식이 발달하면서 몸의 구조와 기능이 분화되여나갔다. 그리하여 마름류에서 땅우식물이 진화되였다.

땅우식물은 마름류와는 달리 진정한 조직과 기관으로 이루어지고 몸이 분화되여 줄기, 잎, 뿌리가 생기고 나름조직이 발달하였으며 생식기관이 다세포로 되였다. 땅우식물은 대체로 큰 다세포식물이다.

이것은 물환경으로부터 땅우의 환경으로 넘어오면서 이루어진 적응이다.

지금으로부터 4억년전의 고생대 실루르기땅층에서 첫 땅우식물인 솔잎란의 화석이 나왔다. 솔잎란은 풀색마름에서 진화되였다. 솔잎란은 뿌리, 줄기, 잎이 명확히 구분되고 관묶음을 가지고있다.

물속생활로부터 땅우생활에로 식물이 이행한것은 식물의 발전에서 새로운 단계를 열어놓았다.

땅우식물의 일부는 2차적으로 땅우생활로부터 물속생활로 넘어갔다.

물속생활을 하는 속씨식물에는 말즘, 가래 같은것들이 있다.

솔잎란이 석송류, 고사리류로 진화되였다. 이것들은 큰 키나무로서 고생대의 데본기, 석탄기에 울창한 산림을 이루었다. 이것이 쌓여서 오늘의 석탄층을 이루었다. 고사리류에서는 뿌리, 줄기, 잎이 뚜렷해지고 나름조직도 분화되였다.

그림 5-16. 석탄기의 나무고사리류

겉씨식물의 출현. 고생대말에 들어서면서 땅이 메마르고 해빛이 뜨겁게 쪼였다. 이때 고사리류는 물을 떠나서는 유성생식을 할수 없었으므로 고사리류는 거의다 죽었다. 그대신 고사리류에서 씨앗으로 번식하는 씨고사리가 생겨 씨앗식물의 선조로 되였다.

처음 나온 씨앗식물은 겉씨식물이다. 겉씨식물은 꽃가루관이 형성됨으로써 수정이 자연계의 물에 의존하지 않게 되고 메마른 땅우조건에서 얼마든지 후대를 남기게 되였다.

속씨식물의 출현. 중생대말에 이르러 급격히 공기가 건조해지고 센 해빛이 땅우에도 쪼였다. 센 해빛과 건조한 공기에 적응되지 못한 겉씨식물은 대부분 죽었다. 그대신 달라진 기후조건에 잘 적응된 속씨식물이 겉씨식물에서 생겨나 급속히 번성하였다.

속씨식물은 꽃이 진정한 꽃이고 배주가 자방으로 둘러싸여있으며 씨앗이 열매속에 들어있어 씨눈을 안전하게 보호할수 있었다. 그리고 씨앗과 열매를 여러가지 방법으로 더 잘 퍼뜨릴수 있게 되였다.

신생대에 와서 속씨식물은 풀색식물의 대부분을 차지할 정도로 널리 번성하게 되였다.

해보기

원시핵생물로부터 속씨식물까지의 진화과정을 도식으로 표시해보아라.

지질시대와 생물

지질시대에 따르는 생물의 진화를 보면 다음과 같다.

지질시대			생물의 기본집단		처음으로 나온 생물
대	기	몇년전인가	식물	동물	
신생대	제4기	150만년전	속씨식물	젖먹이류	원숭이
	제3기	6천 5백만년전		새류	
중생대	백악기	1억 3천만년전	겉씨식물	새류	속씨식물
	유라기	1억 8천만년전		파충류	새류
	3첩기	2억 3천만년전			젖먹이류
고생대	2첩기	2억 8천만년전	고사리류	량서류	파충류
	석탄기	3억 5천만년전			겉씨식물, 곤충류
	데본기	4억년전		물고기류	고사리류, 량서류
	실루르기	4억 3천만년전	마름류	무척추동물	솔잎란, 물고기류
	오르도비스기	5억년전			칠성장어
	캄브리아기	6억년전			돌가재, 강장동물, 연체동물, 해면동물
원생대		16억년전	세균	원생동물	마름류, 원생동물
시생대		35억년전	원시생물		생명체의 기원

○ 어떤 식물집단이 언제 생겼으며 어느때 번성하였는가?

○ 어떤 동물집단이 언제 생겼으며 어느때 번성하였는가?

○ 젖먹이류는 새류보다 발전된 동물인데 지구우에 새류보다 먼저 생겼다. 이것은 무엇을 의미하는가?

2. 동물의 진화

동물은 단세포동물로부터 다세포동물로, 물속에서 살던것이 땅우생활로, 비상칭동물이 방사상칭단계를 거쳐 좌우상칭동물로, 2배엽동물이 3배엽동물로, 무척추동물로부터 척추동물에로 진화하였다.

무척추동물의 진화

단세포동물로부터 다세포동물에로의 진화. 원시바다에 처음으로 생겨난 동물은 한개 세포로 된 동물이다. 원생동물이 어떻게 생겨났는가에 대하여서는 아직 밝혀지지 못한 점들이 있으나 초리털벌레류가 먼저 생기고 이로부터 아메바류가 생겨났다고 본다.

단세포동물은 무리체를 형성하는 방향으로 나가다가 다세포동물로 진화하였다.

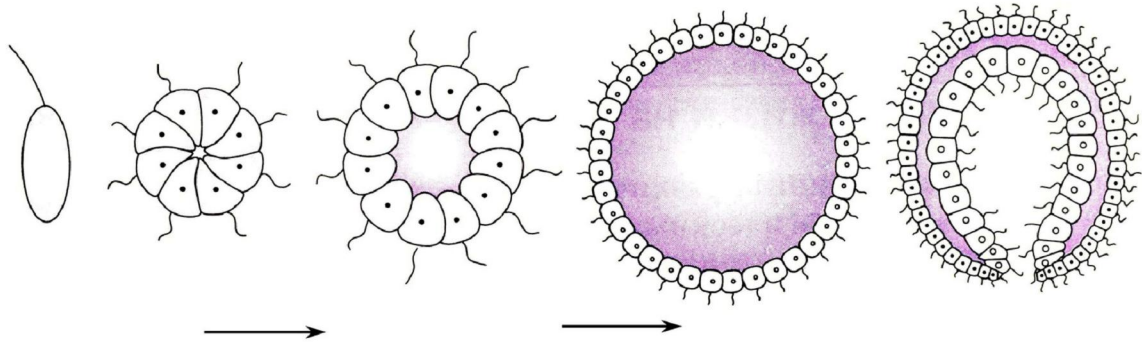



그림 5-17. 다세포동물의 형성(모식도)

2배엽으로 된 방사상칭동물의 출현. 원생동물에서 처음으로 생겨난것이 내배엽과 외배엽으로 된 2배엽동물인 방사상칭동물이다. 여기에는 해면동물과 강장동물이 속한다.

해면동물의 몸은 다세포로 이루어져있으나 아직 조직과 기관으로 분화되지 못한 세포무리단계에 있다. 해면동물은 초리털벌레류에서 생겨 오늘까지 큰 변화없이 살아왔다.

강장동물의 몸은 외배엽과 내배엽의 두층으로 되고 방사상칭이다. 강장동물의 새끼벌레는 온몸에 솜털이 있는 단계를 거친다. 이것으로 보아 강장동물도 초리털을 가진 원생동물에서 생겨났다는것을 알수 있다.

방사상칭동물로부터 좌우상칭동물에로의 진화

강장동물로부터 플라나리아와 같은 좌우상칭인 편형동물이 생겨났다.

그것은 편형동물의 새끼벌레가 강장동물의 새끼벌레처럼 방사상칭이고 솜털이 있는것을 보고 알수 있다.

좌우상칭구조는 다양한 운동을 할수 있게 되였다. 좌우상칭동물은 모두 3배엽동물이다. 내배엽과 외배엽사이에 중배엽이 생긴것은 보다 활발한 운동을 할수 있게 하였다.

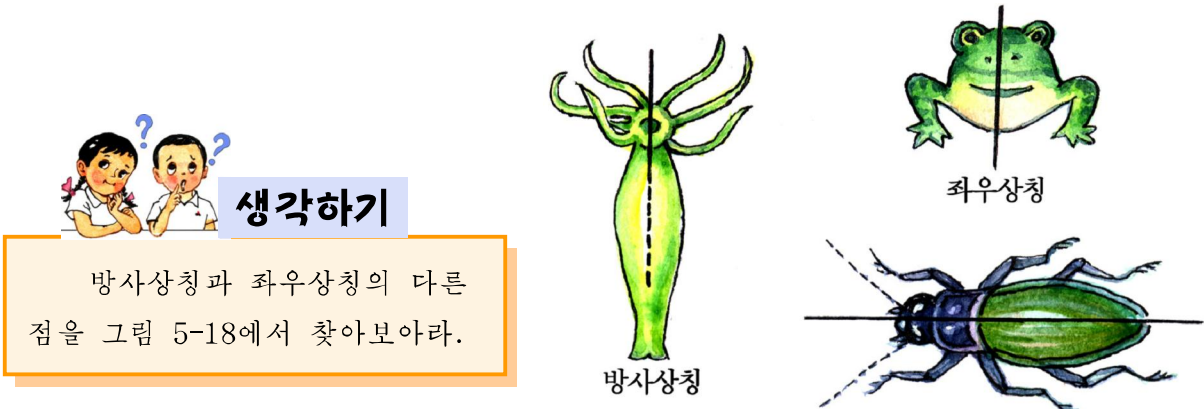



그림 5-18. 방사상칭과 좌우상칭

편형동물에서는 2개의 큰 갈래가 생겼다. 하나는 선구동물계통으로서 여기에는 원형동물과 환형동물 등이 속하고 다른 하나는 후구동물계통으로서 여기에는 가시껍질동물과 척추동물이 속한다.

환형동물단계에서 몸에 머리, 옆다리, 숨쉬기기관이 생겼다. 환형동물가운데서 지렁이는 땅속생활을 하게 되면서 옆다리가 퇴화되였다.

지렁이류로부터 반기생생활로 넘어간것이 거마리이다.

환형동물은 그후 연체동물과 마디다리동물의 2개 방향으로 진화하였다.

마디다리동물가운데서 제일 먼저 생긴것이 돌가재이다. 마디다리동물가운데서 갑각류는 물속생활을 하게 되였고 거미류, 곤충류는 땅우생활에 적응하여 널리 퍼지게 되였다.

가시껍질동물의 새끼벌레는 좌우상칭의 구조를 가진다. 가시껍질동물의 선조에서 원속줄동물이 생겼다. 원속줄동물의 선조는 좌우상칭이고 등속줄을 가지는 버들잎고기였다. 이것은 그후 3개 방향으로 진화하였다.

우릉성이는 2차적으로 고착생활을 하게 되였고 버들잎고기는 물바닥에 내려가 소극적인 생활을 하는데로 적응되여나갔다.

이와는 달리 적극적인 생활방향으로 나간것이 척추동물의 선조로 되였다.

무척추동물의 진화과정을 도식으로 표시해보아라.

척추동물의 진화

척추동물은 능동적인 생활에 적응하게 여러가지 발달된 특징을 가지게 되였다. 몸은 머리와 몸뚱이로 갈라졌고 더 발전한것은 목이 생겨 머리를 돌릴수 있게 되였다. 머리에는 뇌수와 감각기관이 집중되여있고 몸뚱이에는 든든한 척주에 지지한 2쌍의 운동기관이 형성되였다. 신경계통, 심장, 배설기관이 발달하였다.

물고기류는 고생대 실루르기에 고대칠성장어류에서 생겨 활발히 헤염치는 방향으로 진화하였다. 먼저 삭뼈물고기가 생기고 다음에 굳은뼈물고기가 생겼다.

량서류는 고생대 데본기말에 총기어에서 갈라져나와 석탄기에 번성하였다. 총기어의 쌍지느러미와 부레는 량서류의 네다리와 페로 변하였다. 총기어는 민물에서 살았으며 물속에 산소가 모자라면 쌍지느러미로 땅우에 기여나와 부레로 숨을 쉬군 하였다.

※ 총기어는 화석동물로만 알려져있었는데 산 총기어가 발견되였다.

량서류는 처음으로 땅에서 살게 된 척추동물이지만 몸이 마르는것을 막지 못하므로 물을 떠나서는 살지 못한다.

파충류는 량서류에서 생겼다. 파충류는 몸이 비늘껍질로 덮이고 질긴 알깍지로 둘러싸인 알을 낳으며 발생과정에 배를 보존하기 위한 배막을 가지는 등 땅우생활에 더 잘 적응되게 되였다.

그후 기후가 급격히 변하면서 파충류는 대부분 죽어 없어지고 일부만 살아 중생대 유라기에 시조새로 되여 오늘의 새로 진화하였다.

새류는 신생대에 들어서면서 속씨식물이 무성해지고 곤충이 많아짐으로써 먹이가 풍부해지는 한편 생식조건이 유리해짐에 따라 번성하게 되였다.

젖먹이류는 새류보다 먼저 파충류에서 갈라져 네발걸음을 하는 방향으로 발전하였다.

새류나 젖먹이류는 깃이나 털이 있어 몸이 마르는것을 막으며 몸온도가 높고 변하지 않아 다른 척추동물들보다 더 널리 퍼져 살게 되였다.

식물계
균계
동물계
속씨식물
겉씨식물
진균
척추동물
마디다리동물
고사리식물
가시껍질동물
연체동물
환형동물
이끼식물
지의
원형동물
밤색마름
강장동물
붉은마름
풀색마름
해면동물
점균
규소마름
원생동물
남색세균
엽록체
사립체
붉은세균
세균
점액세균
진정세균
원시핵생물의 선조
다세포생물
단세포생물
진정핵생물
원시핵생물(세균계)

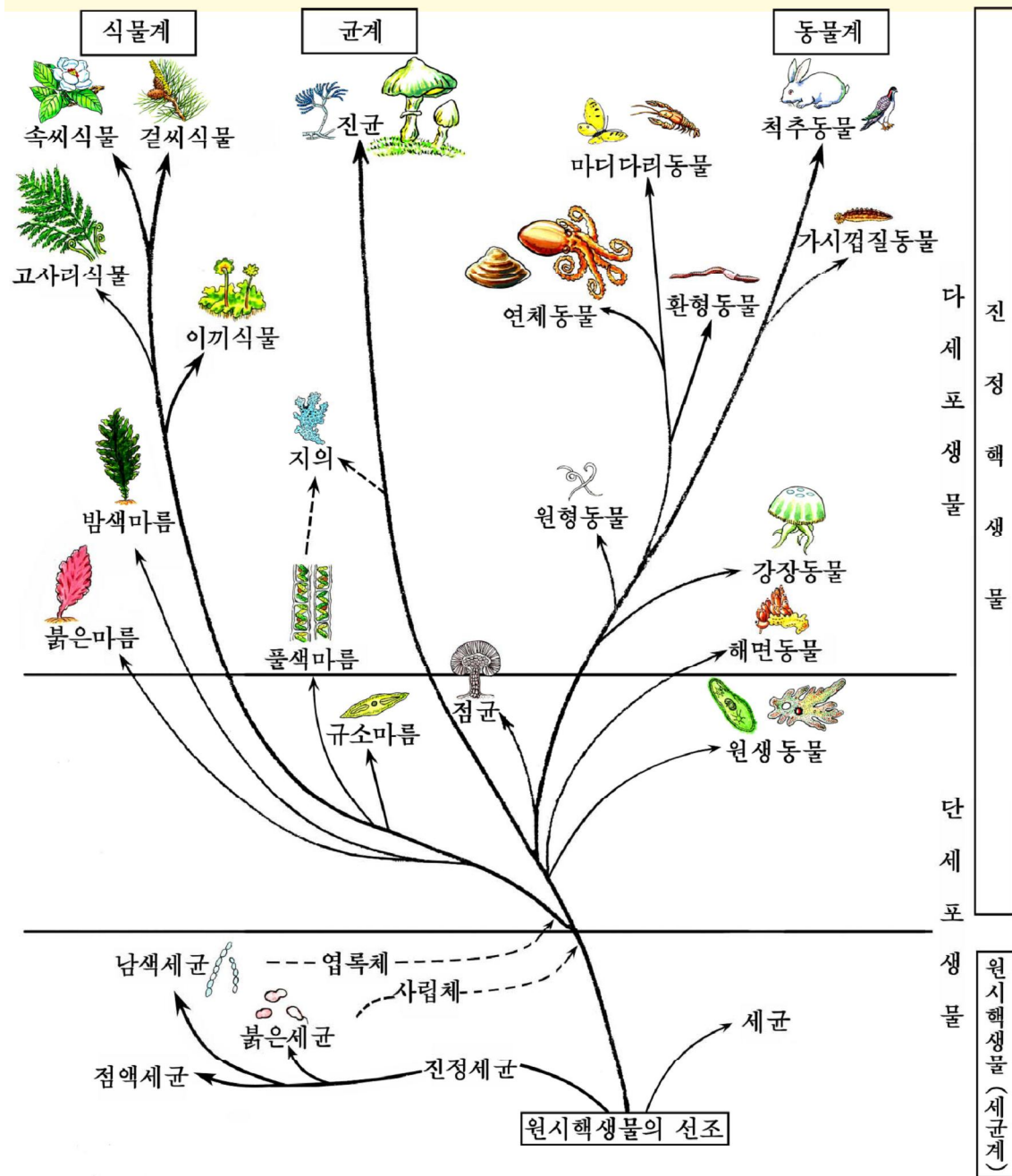



그림 5-19. 생물의 진화계통도(계통수)

동물의 진화과정을 자연환경의 변화와 련관시켜 말해보아라.

1. 땅우에서 사는 식물이 땅우환경에 적응한 점은 어떤것들이라고 생각하는가?
2. 땅우에서 사는 동물이 땅우환경에 적응한 점은 어떤것들이라고 생각하는가?
3. 척추동물의 계통수를 만들어보아라.

제5절. 사람의 기원

· 사람은 젖먹이동물로부터 어떤 단계를 거쳐 진화하였는가?

위대한 령도자 **김정일**원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《사람이 장구한 진화발전의 산물이라는것은 이미 오래전에 과학에 의하여 확증된 사실입니다.》

사람은 지구우에 첫 생명체가 생긴 때로부터 오랜 기간에 걸쳐 생물이 진화해오는 과정에 생겨났다.

1. 사람이 동물로부터 생겨났다는 증거

사람이 옛날에 살던 젖먹이동물로부터 생겨났다는것을 보여주는 많은 증거들이 있다.

척추, 팔다리, 뇌수, 폐, 심장, 소화기관 등 사람의 몸에 있는 모든 기관은 젖먹이동물에도 있다.

사람의 몸에는 90가지의 흔적기관이 있다.

사람의 태아가 발육할 때에는 젖먹이동물의 배발생과 비슷한 과정을 거친다.

극히 드물기는 하지만 꼬리달린 사람, 털많은 사람, 젖꼭지가 여러개인 사람이 나타나는 경우가 있다.

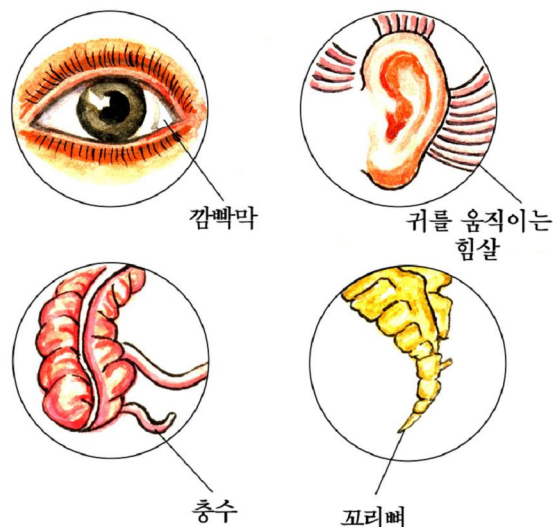



그림 5-20. 사람의 흔적기관

이것은 사람이 옛날젖먹이동물에서 기원하였다는 증거이다.

사람은 젖먹이동물가운데서도 류인원과 제일 비슷하다.

류인원의 두눈은 앞으로 향하고 발톱이 납작하며 두발걸음을 할수 있다. 뇌수가 크고 뼈의 구조와 기능, 중요한 기관과 기관계통의 구조, 이발의 수와 모양, 갈비뼈의 수, 피형이 비슷하다. 초보적인 표정도 나타내며 늙으면 이발이 빠지고 머리털이 희여진다.

생각하기

사람과 류인원의 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가, 이것을 통해 무엇을 알수 있는가?

이러한 사실은 사람이 옛날에 살던 류인원에서 생겨났다는 증거로 된다.

2. 옛날류인원의 사람에로의 진화

사람과 제일 비슷한 동물은 원숭이목에 속하는 류인원이다.

사람이 류인원과 다른 생물학적특징은 곧추 서서 두발로 걸으며 뇌수가 발달된것이다. 그러므로 사람이 어떻게 발전되여왔는가를 알자면 네발걸음으로부터 어떻게 두발걸음을 하게 되였으며 뇌수가 어떻게 발달하여왔는가를 해명하여야 한다.

땅우생활에로의 적응

신생대 제3기 중엽에 사람과 류인원의 공통선조로 보아지는 옛날류인원은 나무우에서 생활하고있었다.

지금으로부터 1천만년전에 지각의 변동과 기후의 변화로 울창하던 산림이 줄어들고 그대신 많은 곳에 초원이 생겼다. 이러한 환경의 변화로 옛날류인원의 일부가 나무우에서 땅에 내려와 살게 되였다.

이것들은 땅우생활에 적응하여 점차 곧바로 서서 걷게 되였고 이에 따라 앞발은 걷는 기능에서 벗어나 손으로 발달하게 되였다. 자유로이 움직일수 있는 손으로는 음식물을 가공하여 먹게 되였다. 결과 송곳이가 퇴화되여 턱이 줄어들었다. 골반은 상반신을 받드는데 알맞게 넙적하게 변하였으며 곧추 선 척추는 머리를 지지하여 머리가 땅과 수직으로 놓이게 하였다.

	발가락의 뼈	골반	머리뼈
고릴라			
사람			

그림 5-21. 고릴라와 사람의 골격비교

이와 같이 구조와 기능이 점차 발달하면서 화석사람으로 진화하였다.

화석사람

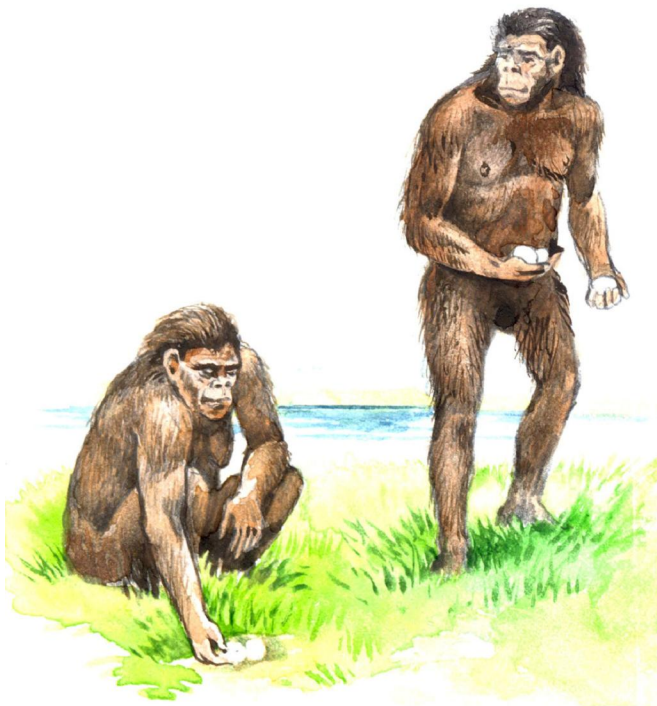
사람의 진화과정을 보여주는 화석은 세계 각지에서 나오고있다.

지금까지 발굴된것들가운데서 가장 발달된 옛날류인원은 약 400만년전에 살던 아우스트랄로피테쿠스이다.(1959년 탄자니아)

아우스트랄로피테쿠스를 동물로부터 사람으로 진화하는 도중의 주요집단으로서 두발걸음원숭이라고 부른다.

몸질량은 50kg, 뇌수의 체적은 600cm^{3}였다.

그림 5-22. 아우스트랄로피테쿠스

원인(원시화석사람). 원인은 원숭이사람의 다음단계에 살았으며 동물계에서 벗어나 처음으로 나온 사람이다.

1966년 상원군 흑우리에서는 100만여년전에 우리 나라에서 살던 원인들이 쓰던 돌로 만든 도구와 동물들의 뼈가 발견되였다.

원인의 화석으로는 약 80만년전의 자와원인(1892년에 발견), 약 50만년전의 베이징원인(1908년에 발견), 약 30만년전의 하이델베르그원인들이 있다.

원인은 허리가 구부러지고 균형을 잘 유지하지는 못하지만 두발걸음을 하였다. 턱은 크고 든든하였고 아래턱불루기가 나오지 못하였다. 이마는 좁고 뒤로 제껴졌으며 눈두덩뼈와 광대뼈가 몹시 두드러졌다.

뇌수의 체적은 900~1 000cm^{3}로서 류인원의 1.5배가량 되였다. 발성기관도 변화되여 미숙하였지만 유절음을 내였다.

자연적으로 일어난 불을 리용하였다.

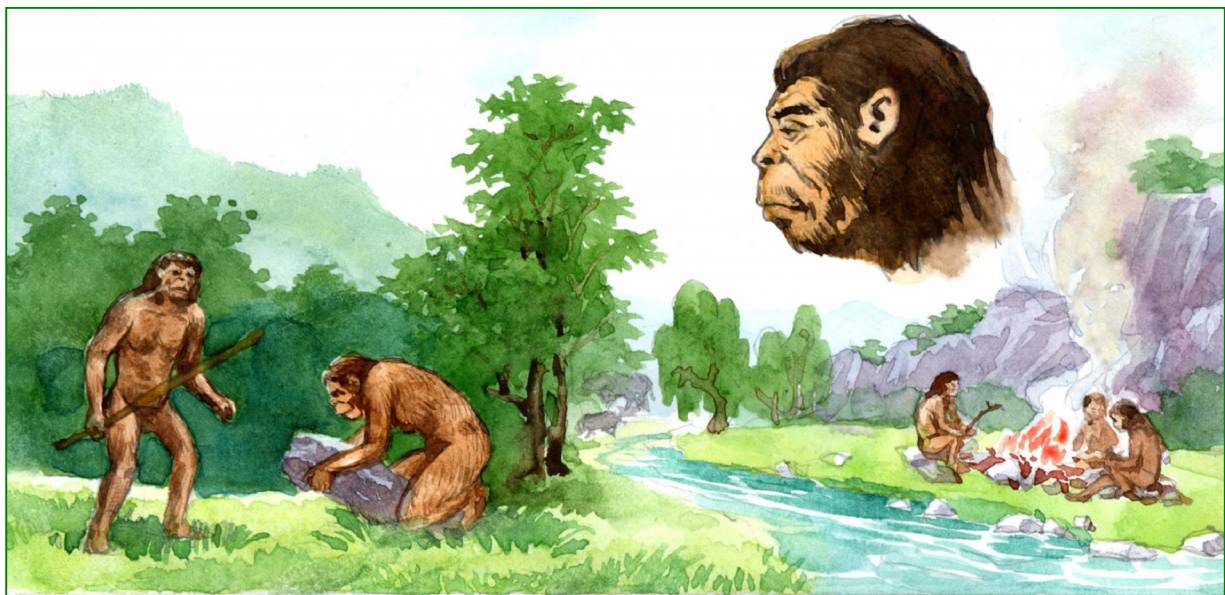



그림 5-23. 상원군 흑우리에서 살던 원인들의 생활

고인(옛화석사람). 고인은 지금으로부터 20만년전~5만년전에 지구의 여러곳에서 살던 원인 다음단계의 사람이다.

우리 나라에서는 《덕천사람》과 《력포사람》의 화석이 나왔고 그들이 남긴 문화유적들이 여러곳에서 나왔다.

고인의 화석은 아시아, 아프리카, 유럽의 여러 나라들에서 나왔다.

고인은 원인보다 뇌수가 훨씬 크고 그 체적이 현대사람의 체적에 달하였다. 그러나 아직 이마가 낮고 뒤로 제껴졌으며 눈두덩뼈는 두드러지고 아래턱불루기가 약간 나왔으나 뚜렷하지 못하였다. 고인은 원인보다 자연스럽게 두발걸음을 하였고 돌과 뼈를 가공하여 썼으며 불을 피우고 살았다.

그림 5-24. 고인의 생활

신인(새 화석사람). 신인은 지금으로부터 5만년전～1만년전에 살던 화석사람으로서 현대사람(오늘의 사람)과 비슷하다.

우리 나라에서는 《승리산사람》, 《룡곡사람》을 비롯하여 여러곳에서 신인의 화석이 발견되였고 그들이 남긴 많은 유적도 나왔다.

신인의 화석은 아시아, 아프리카, 유럽 등에서도 발견되였다.

신인은 이마가 높고 눈두덩뼈는 두드러지지 않았다. 아래턱불루기가 나와 유절음을 썼다.

신인은 솜씨있게 만든 돌기구들과 뼈로 만든 도구도 썼다.

유적가운데서 뼈로 만든 바늘이 있는것으로 보아 동물의 가죽으로 간단한 옷도 지어입었으리라고 짐작된다.

지금으로부터 약 1만년전에 신인은 현대사람으로 진화하였다.

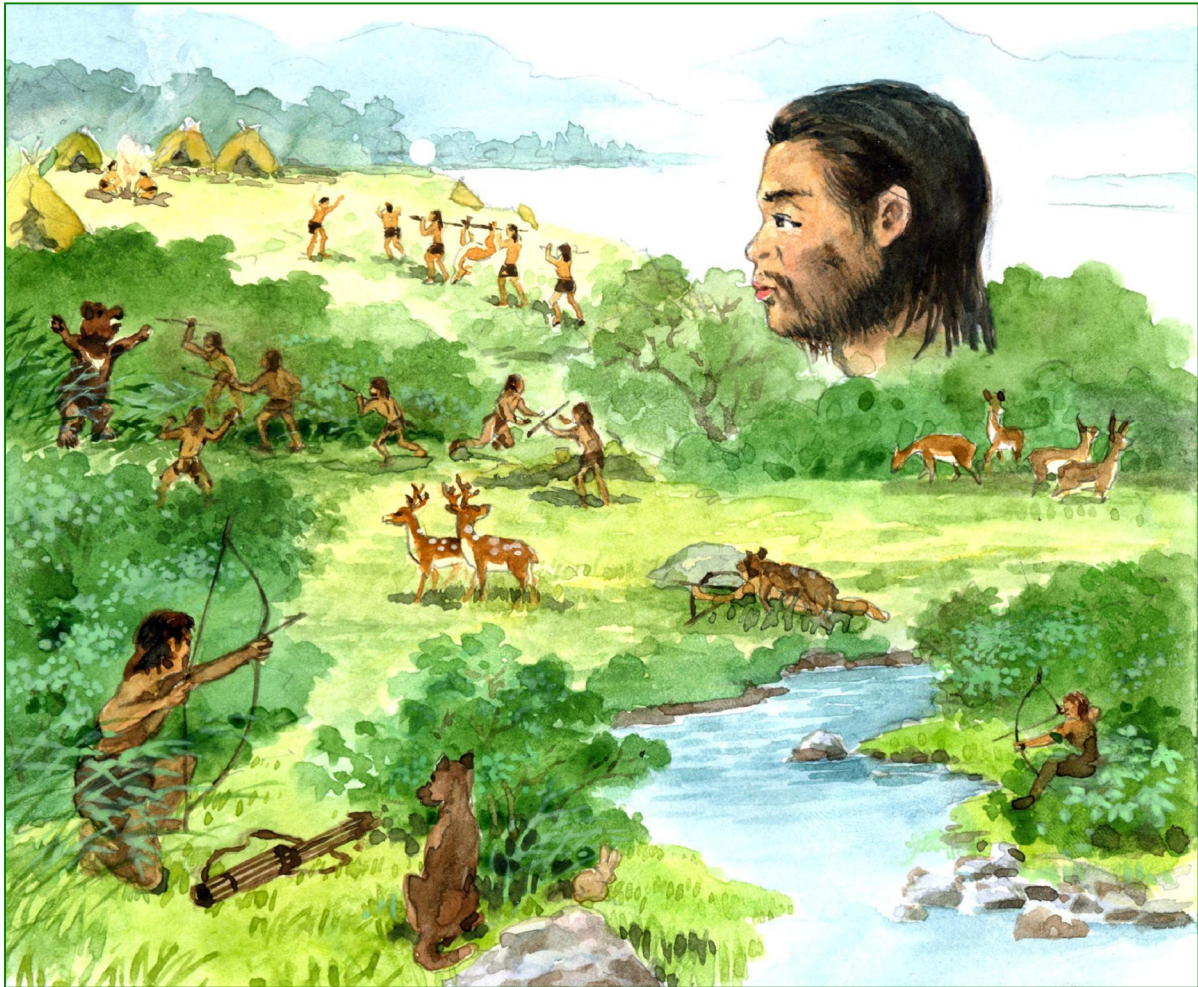



그림 5-25. 신인의 생활

생각하기

○ 오늘의 류인원이 앞으로 사람으로 진화할수 있겠는가?

○ 원인의 화석이 우리 나라에서 나온것을 통해 무엇을 알수 있는가?

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《본래 조선사람은 키가 너무 크지도 않고 너무 작지도 않고 알맞춤하며 얼굴색도 너무 희지도 않고 너무 검지도 않으며 그 어디에 갖다놓아도 남한테 떨어지지 않습니다.》

조선사람은 조선에서 기원하여 다른 나라 사람들과 구별되는 특징을 가지고 계통적으로 발전해왔다.

현대조선사람은 그 선조인 조선옛류형사람의 고유한 모습을 그대로 계승하였다.

조선옛류형사람

B.C. 6천년전부터 B.C. 3천년전 시기인 신석기시대에 살던 조선사람의 직접적인 선조를 현대조선사람과 구별하여 《조선옛류형사람》이라고 부른다.

조선옛류형사람의 화석으로는 《만달사람》이 있다.

조선옛류형사람의 유골을 보면 같은 시기에 중국, 씨비리, 동남아시아, 일본 등지에서 살던 사람들과 구별되는 특징을가진다.

○ 이것을 통해 조선민족이 어떤 민족이라는 결론을 지을수 있는가, 그 근거는 무엇인가?

콤퓨터응용문제

1. 단백질의 1차구조에 따르는 2차, 3차구조의 형성과정을 콤퓨터로 그림그려라.
2. 효소의 작용물림새를 콤퓨터로 그림그리고 설명하여라.
3. 세포구조물들의 기능비교표를 만들어라.
4. 몸세포분렬과 감수분렬과정을 콤퓨터로 그림그려라.
5. 대립형질의 쌍수 n=7일 때 F_1의 짝씨조성, F_2에서 갈라지는 유전자형과 나타난형의 가지수를 알아내는 프로그람을 작성하여라.
6. 부모의 피형을 가지고 자식의 피형을 알아내는 프로그람을 작성하여라.

찾아보기

련쇄	154	linkage	сцепление
렬성형질	146	recessive character	рецессивный признак
무성생식	97	monogony	моногоенез
물들질	59	chromatin	хроматин
물들체	59	chromosome	хромосома
미량원소	9	microelement	микроэлемент
발생	97	genesis	генезис
번역	143	translation	трансляция
변이	135	variation	изменение
분리법칙	148	law of segregation	закон расщепления
배	120	embryo	эмбрион
배낭	110	embryo sac	зародышевый мешок
배란	128	ovulation	овуляция
배수체	167	polyploid	полиплоид
백색체	54	leucoplast	лейкопласт
밸막	119	serosa	сероза
사립체	52	mitochondria	митохондрия
삼투	64	osmosis	осмос
섞붙임	146	crossing	спаривание
성물들체	157	sex chromosome	половая хромосома
소화체	67	lysosome	лизосома
수정	106	fertilization	оплодотворение
색소체	53	plastid	пластид
생명	188	life	жизнь
생물학	4	biology	биология
생식세포	101	sex cell	полвая клетка
세포	41	cell	клетка

세포골격	56	cytoskeleton	цитоскелет
세포마시기(식균작용)	68	phagocytosis	фагоцитоз
세포분화	79	cell differentiation	клеточная дифференциация
세포질	51	cytoplasm	цитоплазма
세포핵	57	cell nucleus	клеточное ядро
자연선택(자연도태)	197	natural selection	естественный отбор
잡색체	54	chromoplast	хромопласт
잡종	148	hybrid	гибрид
잡종세지기	178	heterosis	гетерозис
전사	143	transcription	транскрипция
정자	106	sperm	сперматозоид
주머니배	116	gastrula	гаструла
중배엽	116	mesoderm	мезодерма
중심체	55	centrosome	центросома
진화	184	evolution	эволюция
착상	128	implantation	имплантация
태반	120	placenta	плацента
태아	130	embryo	эмбрион
파쥐	91	phage	фаг
포배	114	blastula	бластула
피동나르기	65	passive transport	пассивный перенос
펩티드결합	14	peptide bond	пептидная связь
형질	135	character	признак
형질전환	137	transformation	трансформация
효소	30	enzyme	фермент, энзим
확산	64	diffusion	диффузия
환경변이	168	environmental variation	фенотипическое изменение

꽃가루	109	pollen	пыльца
아미노산	13	amino acid	аминокислота
알갈림	113	cleavage	дробление
암	62	cancer, carcinoma	рак
암세포	62	cancer cell	раковая клетка
양막	119	amnion	амнион
양수	119	amniotic fluid	амниотическая жидкость
엽록체	53	chloroplast	хлоропласт
우성법칙	146	law of dominance	доминантный закон
우성형질	146	dominant character	доминантный признак
유성생식	101	sexual reprodution	половое размножение
유전	135	heredity	наследование
유전자	136	gene	ген
유전자형	148	genotype	генотип
유전정보	142	genetic information	генетическая информация
유전지도	156	genetic map	генетическая карта
육종	176	breeding	селекция
인공선택(인공도태)	198	artificial selection	искусственный отбор
액주머니	56	vacuole	вакуоль
원형질체	47	protoplast	протопласт
외배엽	116	ectoderm	эктодерма

편찬위원회

김용진, 김영인, 한성일, 강영백, 김필순,

김창선, 류해동, 김원범

총편집 교수 박사 로명숙

생물(제1중학교 제5학년용)

2판

집 필	교수 박사 로명숙, 부교수 김택근, 부교수 오일진, 박사 부교수 최명숙, 부교수 김원범, 교수 박사 최영휘	**심 사**	심의위원회
편 집	한승남	**장 정**	공훈예술가 김의판
콤퓨터편성	강정련, 김영복, 문혜영, 김승옥	**그 림**	류철, 류혜경
기술편성	최순희	**교 정**	리유미
낸 곳	교육도서출판사	**인 쇄 소**	평양고등교육도서인쇄공장
		1판발행	주체96(2007)년 10월 18일
2판인쇄	주체99(2010)년 4월 2일	**2판발행**	주체99(2010)년 4월 12일

교-10-519 값 40원